

EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO PARA ESTIMAR O VALOR DE ENERGIA METABOLIZÁVEL DO MILHO PARA SUÍNOS

Dirceu Luís Zanotto¹, Jorge Vitor Ludke², Arlei Coldebela³, Teresinha Marisa Bertol⁴, Anildo Cunha Junior⁵

¹ Biólogo, MSc., Pesquisador Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC, e-mail: dirceu.zanotto@embrapa.br

² Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

³ Médico Veterinário, Dr., Pesquisador Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

⁴ Zootecnista, PhD., Pesquisador Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

⁵ Químico, MSc., Analista Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

**Apresentado no XV Seminário Técnico Científico de Aves e Suínos – AveSui 2016
03 a 05 de maio de 2016 - CentroSul / Florianópolis - SC, Brasil**

RESUMO: A variabilidade da composição físico-química e do diâmetro geométrico médio (DGM) de partículas do milho tem influência no valor nutricional desse ingrediente para suínos. Entretanto, ainda se utiliza na formulação de rações um valor médio de energia metabolizável (EM) baseado em tabelas de composição de alimentos. O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de estabelecer equações de predição para estimar a EM do milho para suínos, a partir da composição físico-química e DGM. Inicialmente, a composição físico-química de 14 partidas de milho foi avaliada. O milho de cada partida foi moído para produzir cinco DGM, constituindo 70 lotes do ingrediente moído, para os quais se determinou os valores de EM. Foram ajustados modelos lineares e não-lineares e selecionadas quatro equações para estimar a EM do milho. O DGM apresentou associação negativa com a EM ($R^2 = 0,727$; erro de predição de 43,3 kcal/kg). A densidade e o extrato etéreo (EE), quando associados ao DGM, melhoram a estimativa da EM. Concluiu-se que as equações de predição elaboradas com base no DGM associado, ou não, com a densidade ou EE ou ambos, podem ser utilizadas para estimar a EM do milho para suínos.

PALAVRAS-CHAVE: Composição química, valor energético, granulometria, milho.

ABSTRACT: The variability of physico-chemical composition and geometric mean diameter (GMD) of corn particles affects the nutritional value of this ingredient for pigs. However, in feed formulation routine it is still used an average value of metabolizable energy (ME), based on feed composition tables. This study was carried out with the aim of establishing prediction equations to estimate the ME value of corn for pigs, from the physico-chemical composition and GMD. Initially, the physico-chemical composition of 14 lots of corn was evaluated. Each lot of corn was ground so as to produce five GMDs, constituting 70 batches of ground corn, for which the GMD and ME were determined. Linear and non-linear models were adjusted and four equations were chosen to estimate the ME of corn. The GMD correlated negatively with ME ($R^2 = 0.727$; prediction error = 43.3 kcal/kg). Density and ether extract (EE), when associated to GMD, improve the estimation of the ME. It was concluded that the prediction equations obtained based on GMD associated, or not, with density or EE or both, can be used to estimate the ME of corn for pigs.

KEYWORDS: Energy value, particle size, chemical composition, corn.

INTRODUÇÃO: O milho é o principal ingrediente usado na suinocultura e participa em média com 75% na formulação das rações. Em resposta a fatores como a genética das sementes e condições ambientais de cultivo, a composição química do milho tem oscilado consideravelmente (Lima, 2001). A utilização de híbridos de milho com diferente composição físico-química em dietas para suínos em crescimento e terminação afeta o desempenho e as características de carcaça dos animais (Moore et al., 2008). A granulometria traduzida pelo diâmetro geométrico médio de partícula (DGM) também influencia a eficiência na utilização do milho moído e o desempenho de suínos. Pesquisas têm demonstrado que a redução do DGM do milho melhora a digestibilidade de nutrientes e/ou da energia bruta das rações (Zanotto et al., 1995; Rojas e Stein, 2015) e o desempenho de suínos em crescimento e terminação (Zanotto et al., 1996). Apesar disso, na formulação de rações ainda se utiliza um valor médio de EM baseado em tabelas de composição de alimentos, para qualquer partida e granulometria de milho. Isto ocorre porque as equações disponíveis atualmente podem ser consideradas de uso limitado, uma vez que foram geradas para cereais e/ou alimentos em geral (Just et al., 1984) ou, quando elaboradas especificamente para o milho não levam em consideração a variável DGM. Particularmente por não se considerar os efeitos da granulometria, sobre a EM, as equações de predição apresentam baixa exatidão a exemplo dos modelos propostos por Li et al. (2014). O objetivo do presente trabalho é estabelecer equações de predição da EM do milho para suínos usando o DGM e as variáveis físico-químicas como preditoras.

MATERIAL E MÉTODOS: Foram moídas 14 partidas de milho em moinho de martelos, de modo a produzir cinco granulometrias por partida mediante a utilização de peneiras com diferentes aberturas de furos: 1,5; 1,8; 3,0; 4,5 e 8,0 mm. Desta forma, foram obtidos 70 lotes de milho moído (14 partidas x cinco DGMs). Determinou-se a composição físico-química para as 14 partidas de milho, considerando as seguintes análises e respectivos métodos analíticos da AOAC (1995): MS - matéria seca (método 934.01), CZ - cinzas (método 942.05), PB - proteína bruta (método 992.23), EE - extrato etéreo (método 920.39), FB - fibra bruta (método 962.09), FDA - fibra detergente ácido (método 973.18). Também foi avaliada a densidade (USDA, 2009), a EB - energia bruta (Leco, 2015) e a FDN - fibra detergente neutro (Van Soest et al., 1991). Todas as análises físico-químicas foram realizadas em duplicata em seis subamostras representativas de cada partida de milho. Os valores de EE foram determinados usando tecnologia Ankom (Macedon, NY, USA) validada para o método da AOAC. O EE foi extraído com éter de petróleo através do método de alta temperatura e pressão por 90 minutos usando o sistema Ankom XT15. Para os 70 lotes de milho foram avaliados o DGM e a EM para suínos. O DGM foi determinado através de análise de granulometria conforme metodologia oficial sendo utilizado para cálculo o software GranuCalc[®] (EMBRAPA, 2013). A EM foi determinada através de experimentos de metabolismo “*in vivo*” com suínos, de acordo com a metodologia de coleta total de fezes e urina (Diggs et al., 1965). Foram realizados 14 experimentos envolvendo 672 suínos, com peso médio inicial de aproximadamente 60 kg. Cada experimento foi conduzido com 48 suínos usando uma única partida de milho com os respectivos cinco DGMs. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos (peso do suíno) ao acaso, com seis tratamentos: uma Dieta Referência (DR) a base de milho e farelo de soja suplementada com minerais e vitaminas, mais cinco Dietas Teste (DT) sendo cada uma composta por 60% DR e 40% de milho, de uma única partida considerando os respectivos cinco DGMs, com oito repetições de um animal em gaiola metabólica. Os valores de EM foram calculados segundo Diggs et al (1965). A partir

dos dados médios das análises laboratoriais e de densidade (com n=14) e DGM e EM para os 70 lotes de milho moído, foi realizada análise exploratória para identificar possíveis valores discrepantes usando ANOVA, UNIVARIATE e GPLOT do SAS. Foram ajustados 300 modelos entre lineares e não-lineares, visando estimar a EM do milho para suínos, considerando diversas combinações de parâmetros físico-químicos e DGM do milho moído. As análises foram realizadas por meio dos procedimentos GENMOD e NLMIXED do SAS (SAS Institute Inc.). A escolha dos modelos foi baseada no Critério de Informação de Akaike (AIC) e os coeficientes de determinação e os erros de predição (absoluto e %) foram calculados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A análise descritiva das variáveis avaliadas demonstra amplas variações na composição físico-química, DGM e valor de EM entre as 14 partidas de milho (Tabela 1).

Tabela 1. Análises descritivas das variáveis físico-químicas para partidas de milho (14) e diâmetro geométrico médio (DGM) de partículas e energia metabolizável (EM) para os lotes de milho moído (70)

| Variável ¹ (%) | Partidas/lotos | Média | Desvio Padrão | Mínimo | Máximo |
|---------------------------|----------------|-------|---------------|--------|--------|
| Matéria seca | 14 | 86,89 | 0,47 | 86,22 | 87,60 |
| Matéria mineral | 14 | 1,04 | 0,08 | 0,95 | 1,20 |
| Proteína bruta | 14 | 7,54 | 0,58 | 6,66 | 9,03 |
| Extrato etéreo | 14 | 3,79 | 0,45 | 2,85 | 4,62 |
| Fibra bruta | 14 | 1,18 | 0,38 | 0,57 | 1,91 |
| Fibra detergente ácido | 14 | 1,98 | 0,54 | 1,24 | 2,78 |
| Fibra detergente neutro | 14 | 12,42 | 1,73 | 8,70 | 15,09 |
| Densidade* (g/L) | 14 | 729 | 17 | 686 | 757 |
| Energia bruta (kcal/kg) | 14 | 3917 | 27 | 3865 | 3962 |
| DGM* (µm) | 70 | 702 | 218 | 420 | 1235 |
| EM suínos (kcal/kg) | 70 | 3339 | 106 | 3118 | 3482 |

¹Valores na base de 87,5% MS; *Analisado na matéria natural.

Com base nos níveis de exatidão e precisão, foram escolhidas quatro equações para estimar a EM do milho. As estimativas dos parâmetros para essas equações e os respectivos coeficientes de determinação (R^2) e erros de predição (EP) são apresentadas na Tabela 2. O DGM teve participação decisiva, apresentando correlação negativa com o valor de EM, similarmente aos resultados obtidos por Rojas e Stein (2015), que observaram aumentos do valor de EM do milho em função da redução do DGM das partículas. A densidade influenciou positivamente o valor da EM devido a sua relação proporcional com a vitreosidade do endosperma do milho (Li et al., 1996). Isto porque, a propriedade vítrea se correlaciona de forma positiva com a fração do amido amilopectina que, por sua vez, apresenta valor energético superior ao da fração de amilose. O EE também demonstrou efeito positivo sobre o valor de EM do milho. Esta observação é perfeitamente justificável, uma vez que o valor calórico dos óleos em geral é 2,25 vezes maior do que o conteúdo energético dos carboidratos e proteínas. As equações de predição são compostas por dois segmentos, sendo o primeiro aplicável a valores de DGM igual ou menor que 481 µm. O segundo segmento agrupa os demais casos, ou seja, quando o DGM for maior do que 481 µm. A redução do DGM do milho para valor igual ou inferior a 481 µm deixa de contribuir para a melhoria da EM e este é

o valor limite para a redução do DGM. Na equação 1, é possível verificar a importância do DGM como variável preditora, uma vez que explica 72,7% de toda variação observada para os valores de EM do milho, com um erro de predição (EP) de apenas 43,3 kcal/kg. Nas equações 2, 3 e 4, são associadas ao DGM, as variáveis densidade, EE e ambas, respectivamente, observando-se melhorias gradativas na exatidão (R^2) e precisão (EP) dos modelos. As equações elaboradas neste estudo, apresentaram melhor exatidão (R^2) e precisão (EP) em comparação com as equações de outros estudos desenvolvidas especificamente para milho (Li et al., 2014), podendo ser utilizadas para estimar satisfatoriamente a EM para suínos.

Tabela 2. Equações de predição para estimar o valor da EM do milho para suínos, estimativas dos parâmetros e respectivos coeficientes de determinação (R^2) e erro de predição (EP)

| | Modelo | R^2 | EP (kcal/kg) |
|----|---|-------|-----------------|
| 1. | $\hat{y} = \begin{cases} 3422,7 & \text{DGM} \leq 481 \\ 3649,1 - 0,4705 \cdot \text{DGM} & \text{DGM} > 481 \end{cases}$ | 0,727 | 43,3 |
| 2. | $\hat{y} = \begin{cases} 2587,0 + 1,15 \cdot d & \text{DGM} \leq 481 \\ 2814,2 - 0,4721 \cdot \text{DGM} + 1,15 \cdot d & \text{DGM} > 481 \end{cases}$ | 0,764 | 41,7 |
| 3. | $\hat{y} = \begin{cases} 3188,4 + 62,4 \cdot \text{EE} & \text{DGM} \leq 481 \\ 3420,7 - 0,4826 \cdot \text{DGM} + 62,4 \cdot \text{EE} & \text{DGM} > 481 \end{cases}$ | 0,796 | 38,0 |
| 4. | $\hat{y} = \begin{cases} 2411,6 + 1,06 \cdot d + 62,6 \cdot \text{EE} & \text{DGM} \leq 481 \\ 2645,2 - 0,4853 \cdot \text{DGM} + 1,06 \cdot d + 62,6 \cdot \text{EE} & \text{DGM} > 481 \end{cases}$ | 0,837 | 34,0 |

\hat{y} = EM (kcal/kg), d = densidade do grão (g/L), EE = Extrato etéreo (%), DGM = Diâmetro geométrico médio (μm). Valores na base de 87,5% MS.

CONCLUSÃO: As equações de predição com base no DGM, associado, ou não, com densidade ou extrato etéreo ou ambos, podem ser utilizadas para estimar a EM do milho para suínos com exatidão e precisão satisfatórias.

REFERÊNCIAS

AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 16th ed., AOAC International, Washington, USA, 1995. 1141 p.

Diggs, B.G.; Becker, D.E.; Jensen, A.H.; Norton, H.W. Energy value of various feeds for the young pig. **Journal of Animal Science**, v. 24, n. 2, p. 555-558, 1965.

EMBRAPA SUÍNOS E AVES. **Núcleo de Tecnologia e Informação**. GranuCalc. Concórdia, 2013. 1 software on line. Aplicativo para o cálculo do Diâmetro Geométrico Médio (DGM) e do Desvio Padrão Geométrico (DPG) de partículas de ingredientes. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/softgran/softgran.php>>. Acesso em: 9 abr. 2015.

Just, A.; Jorgensen, H.; Fernandez, J.A. Prediction of metabolizable energy for pigs on the basis of crude nutrients in the feeds. **Livestock Production Science**, v.11, p.105-128, 1984.

LECO Corporation. **AC500 Automatic Calorimeter Instruction Manual**. Version 1.2x. <http://www.leco.com/products/analytical-sciences/calorific-value/ac500-isoperibol-calorimeter>

Li, P. X., A. K. Hardacre, H. Campanella, and K. J. Kirkpatrick. 1996. Determination of endosperm characteristics of 38 corn hybrids using the Stenvert hardness test. **Cereal Chemistry**, 73:466–471.

Li, Q.; Zang, J.; Liu, D. et al. Predicting corn digestible and metabolizable energy content from its chemical composition in growing pigs. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, 2014, p. 5-11. Disponível em: <<http://www.jasbsci.com/content/5/1/11>>. Acesso em: 20 abr. 2015.

Lima, G.J.M.M. Grãos de valor nutricional para a produção de aves e suínos: oportunidade e perspectivas. In: PRODUÇÃO ANIMAL NA VISÃO DOS BRASILEIROS, 2001, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 201. p. 178-194.

Moore, S. M.; Stalder, K. J.; Beitz, D. C. et al. The correlation of chemical and physical corn kernel traits with growth performance and carcass characteristics in pigs. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 592-601. 2008.

Rojas, O.J., Stein, H.H., Effects of reducing the particle size of corn grain on the concentration of digestible and metabolizable energy and on the digestibility of energy and nutrients in corn grain fed to growing pig. **Livestock Science**, v. 181, n. 11, p. 187 – 193, 2015.

USDA - **Inspecting Grain**: Practical Procedures for Grain Handlers. Federal Grain Inspection Service. Grain Inspection, Packers and Stockyards Administration. Washington, DC, fevereiro 2009, p. 18.

Zanotto, D. L.; Nicolaiewsky, S.; Ferreira, A. S.; et al. Granulometria do milho na digestibilidade das dietas para suínos em crescimento e terminação. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 24, n. 3, p. 428-436, 1995.

Zanotto, D. L.; Ferreira, A. S.; Nicolaiewsky, S. et al. Desempenho produtivo de suínos submetidos à dietas com diferentes granulometrias do milho. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 25, n. 3, p. 501-510, 1996.

Van Soest, P.J.; Robertson, J.B.; Lewis, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3583 – 3597. 1991.