

## EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DA ENERGIA METABOLIZÁVEL DE FARINHAS DE INSETOS PARA FRANGOS DE CORTE

BRENA C R SILVA<sup>1</sup>, CHEILA R LEHNEN<sup>2</sup>, SIMARA M MARCATO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Zootecnia. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil. <sup>2</sup>Departamento de Zootecnia. Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, Paraná, Brasil.  
Contato: brenacristine@gmail.com / Apresentador: BRENA C R SILVA

**Resumo:** Objetivou-se desenvolver equações para predição da EMA e EMAN de farinhas de insetos por meio de uma meta-análise. A base de dados contemplou 25 artigos publicados entre 2005 e 2022, totalizando 2.516 frangos de corte. Um modelo misto foi utilizado para desenvolver as equações de predição e uma seleção regressiva de variáveis foi realizada com base na composição das farinhas de insetos. A farinha de *Hermetia illucens* foi a mais utilizada pelos estudos (60,2%), seguida pela farinha de *Musca domestica* (14,3%), *Tenebrio molitor* (14,3%) e de outras espécies de insetos (11,2%). As equações  $Y1=2.923-29,5MM+52,9EE$  ( $R^2=0,83$ ),  $Y2=4.116-45,6MM-9,84PB$  ( $R^2=0,81$ ) e  $Y3=-4.495-291,4EE+2,86EB$  ( $R^2=0,81$ ) apresentaram melhor ajuste para predição da EMA de farinhas de HI, MD e TM, respectivamente. Para predição da EMAN de farinhas de HI, TM e OU as equações com melhor ajuste foram, respectivamente,  $Y4=3.411-68,8MM+71,9EE-21,1FDN$  ( $R^2=0,85$ ),  $Y5=19.522-481,9MM-412,5EE$  ( $R^2=0,76$ ) e  $Y6=2.961+52,8EE-90,9Ca$  ( $R^2=0,89$ ). A MM e EE são os principais preditores das equações para predição da EMA e EMAN da farinha de *Hermetia illucens*, *Musca domestica* e *Tenebrio molitor*.

**PalavrasChaves:** Digestibilidade; Meta-análise; Mosca doméstica; Mosca solado negra; Tenébrio.

## METABOLIZABLE ENERGY PREDICTION EQUATIONS OF INSECT MEALS FOR BROILER CHICKENS

**Abstract:** The objective was to develop equations for predicting the AME and AMEN of insect meals through a meta-analysis. The database included 25 articles published between 2005 and 2022, totaling 2,516 broilers. A mixed model was used to develop the prediction equations and a backward selection of variables was performed based on the composition of insect meals. *Hermetia illucens* meal was the most used in the studies (60,2%), followed by *Musca domestica* meal (14,3%), *Tenebrio molitor* (14,3%), and other insect species (11,2%). The equations  $Y1=2,923-29.5MM+52.9EE$  ( $R^2=0.83$ ),  $Y2=4,116-45.6MM-9.84CP$  ( $R^2=0.81$ ), and  $Y3=-4,495-291.4EE+2.86EB$  ( $R^2=0.81$ ) showed the best fit for predicting the AME of HI, MD, and TM meals, respectively. To predict AMEN of HI, TM, and OT meals, the equations with the best fit were, respectively,  $Y4=3,411-68.8MM+71.9EE-21.1NDF$  ( $R^2=0.85$ ),  $Y5=19,522-481.9MM-412.5EE$  ( $R^2=0.76$ ), and  $Y6=2,961+52.8EE-90.9Ca$  ( $R^2=0.89$ ). MM and EE are the main predictors of the prediction equations for EMA and EMAN of *Hermetia illucens*, *Musca domestica*, and *Tenebrio molitor* meal.

**Keywords:** Black soldier fly; Digestibility; Housefly; Mealworm; Meta-analysis.

**Introdução:** Nos últimos anos, os insetos foram identificados como uma promissora fonte de nutrientes. A utilização de insetos na alimentação animal mostra-se atrativa visto que não compete com o uso da terra ou recursos alimentares, promove reciclagem de nutrientes (Sánchez-Muros et al., 2014) e é um hábito alimentar das aves (Cullere et al., 2016). Todavia, informações confiáveis sobre o teor de nutrientes e a digestibilidade da farinha de insetos são essenciais para a formulação de dietas precisas. A predição do conteúdo de energia metabolizável aparente (EMA) de um ingrediente, com base na composição química, pode ser um método útil e prático para a obtenção de valores precisos para a formulação de dietas (Zhu et al., 2018). Neste sentido, objetivou-se desenvolver equações para predição da EMA e EMA corrigida pelo balanço de N (EMAN) de farinhas de insetos por meio de uma meta-análise de informações sobre a composição química desses ingredientes.

**Material e Métodos:** A base de dados iniciou a partir da busca pelas palavras-chave: “poultry”, “insect” e “nutrient digestibility” nas bases indexadas Scielo, Science Direct, Scopus e Web of Science. 25 estudos foram incluídos seguindo os critérios: (1) insetos como ingrediente da ração; (2) apresentar a composição química do inseto; e (3) respostas de digestibilidade de nutrientes e energia. Artigos que apresentaram resultados na forma de gráficos ou imagens foram excluídos. Foram tabuladas informações do artigo (autoria, ano de publicação, título, revista), metodologia (linhagem avaliada, população amostral, categoria sexual, idade, composição da dieta basal, método de coleta de amostras, indicador ou marcador utilizado), características das farinhas (espécie de inseto e estágio de desenvolvimento, processamento e nível de inclusão, composição química) e resultados de digestibilidade aparente dos nutrientes. As composições químicas das farinhas de insetos foram ajustadas para a matéria seca. Os dados foram previamente submetidos a análise de variância e estudo de covariâncias para a definição dos melhores preditores. As composições químicas de cada farinha de inseto foram testadas como preditores para desenvolver equações de predição da EMA e EMAN. Uma seleção regressiva de preditores foi conduzida usando o procedimento REG no SAS (versão 9.4; SAS Institute, Cary, NC), em que os preditores significativos foram mantidos nos modelos, enquanto os não significativos foram removidos. Para cada farinha de insetos foi selecionado o modelo com menor critério de informação de Akaike e Bayesiano.

**Resultado e Discussão:** A base de dados contemplou 25 artigos publicados entre 2005 e 2022, totalizando 2.516 frangos de corte e 69 dietas experimentais. O nível médio de inclusão da farinha de insetos foi de 12,3%. Os insetos mais estudados foram: HI – *Hermetia illucens* (60,2%), MD – *Musca domestica* (14,3%), TM – *Tenebrio molitor* (14,3%) e OU – outras

espécies (11,2%). Quanto ao estágio de desenvolvimento dos insetos: em estágio larval (80%), pupa (8%) e adulto (4%). No ensaio de digestibilidade foram utilizados frangos de corte machos (56%), lotes mistos (32%) e fêmeas (12%), com idade entre 7 e 31 dias. Cerca de 60% dos estudos utilizaram o método de coleta de conteúdo ileal e 40% o de coleta total de excretas. O dióxido de titânio foi utilizando 71% dos estudos. A farinha de insetos apresentou grande variabilidade no teor de nutrientes, principalmente PB, EE e FDN (Tabela 1). A heterogeneidade na composição química da farinha de insetos pode ocorrer em função do estágio de desenvolvimento do inseto utilizado, da composição do substrato de criação e do processo de produção da farinha (Sánchez-Muros et al., 2014). As equações Y1, Y2 e Y3 apresentaram melhor ajuste para predição da EMA de farinhas de HI, MD e TM, respectivamente (Tabela 2). As equações Y4, Y5 e Y6 apresentaram melhor ajuste para predição da EMAN em farinhas de HI, TM e OU, respectivamente. A maior parte das equações geradas possuem três variáveis, tornando-as fáceis e rápidas de serem executadas à campo (Pozza et al., 2008), embora apresentem um menor coeficiente de determinação.

Tabela 1. Composição química (com base na matéria seca) de diferentes farinhas de insetos utilizadas para predição do conteúdo de energia metabolizável

Composição	Farinha de inseto			<i>Hermetia illucens</i>			<i>Musca domestica</i>			<i>Tenebrio molitor</i>			Outros insetos		
	n	Média	DP	n	Média	DP	n	Média	DP	n	Média	DP	n	Média	DP
MS, %	41	94,6	1,88	17	95,6	1,77	10	93,8	1,27	5	95,6	0,99	9	93,1	1,79
MM, %	42	8,69	3,47	14	9,31	4,32	14	8,24	1,72	4	4,86	2,79	10	10,0	3,44
PB, %	53	55,0	7,77	21	57,9	7,82	14	51,4	9,60	7	52,1	1,73	11	56,0	5,30
EE, %	53	21,44	9,33	21	14,2	8,07	14	28,6	5,11	7	31,6	2,62	11	19,8	5,29
FDN, %	7	20,0	10,46	4	20,4	8,98	ND	ND	ND	2	11,3	2,54	1	36,0	ND
FDA, %	12	11,2	4,66	9	12,0	4,86	ND	ND	ND	2	6,73	0,68	1	13,1	ND
Ca, %	35	2,72	2,69	14	3,70	3,34	7	4,32	1,02	5	0,09	0,05	9	1,42	1,29
P, %	35	1,04	0,33	14	1,03	0,16	7	1,56	0,11	5	0,67	0,07	9	0,83	0,22
EB, kcal/kg	37	5513	567	13	5.366	315	11	5.413	91,0	7	6.294	255	6	5.104	921
EMA, kcal/kg	27	3.408	516	9	3.409	474	10	3.234	170	4	4.237	756	4	3.117	57,9
EMAN, kcal/kg	30	3.673	714	17	3.362	438	ND	ND	ND	10	4.063	890	3	3.865	789

Abreviações: n – número de observações, DP – desvio padrão, MS – matéria seca, MM – matéria mineral, PB – proteína bruta, EE – extrato etéreo, FDN – fibra em detergente neutro, FDA – fibra em detergente ácido, Ca – cálcio, P – fósforo, EB – energia bruta, EMA – energia metabolizável aparente, EMAN – energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço do nitrogênio, ND – não determinado.

Tabela 2. Equações de predição da energia metabolizável aparente (EMA) e da energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAN) em função da composição química das farinhas de *Hermetia illucens* (HI), *Musca domestica* (MD), *Tenebrio molitor* (TM) e outros insetos (OU)

Inseto	EMA					EMAN				
	Equação	R <sup>2</sup>	EQM	AIC	BIC	Equação	R <sup>2</sup>	EQM	AIC	BIC
HI	$Y_1 = 2.923 - 29,5MM + 52,9EE$	0,832	89,16	284,3	258,3	$Y_4 = 3.411 - 68,8MM + 71,9EE - 21,1FDN$	0,854	171,8	321,9	297,2
MD	$Y_2 = 4.116 - 45,6MM - 9,84PB$	0,813	45,38	125,4	111,4	ND	ND	ND	ND	ND
TM	$Y_3 = -4.495 - 291,4EE + 2,86EB$	0,810	18,31	72,98	62,80	$Y_5 = 19.522 - 481,9MM - 412,5EE$	0,763	491,1	138,4	127,3
OU	ND	ND	ND	ND	ND	$Y_6 = 2.961 + 52,8EE - 90,9Ca$	0,887	150,9	125,9	114,1

Abreviações: MM – matéria mineral, PB – proteína bruta, EE – extrato etéreo, FDN – fibra em detergente neutro, Ca – cálcio, EB – energia bruta, R<sup>2</sup> – coeficiente de determinação, EQM – erro quadrático médio, AIC – critério de informação Akaike, BIC – critério de informação Bayesiano, ND – não determinado.

**Conclusão:** A MM e EE são os principais preditores das equações para predição da EMA e EMAN da farinha de *Hermetia illucens*, *Musca domestica* e *Tenebrio molitor*.

**Agradecimentos:** O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), código de Financiamento 001.

**Referências Bibliográficas:** CULLERE, M.; TASONIERO, G.; GIACCONE, V. et al. Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: Apparent digestibility, excreta microbial load, feed choice, performance, carcass and meat traits. *Animal*, v. 10, n. 12, p. 1923-1930, 2016. DOI: 10.1017/S1751731116001270. POZZA, P. C.; GOMES, P. C.; DONZELE, J. L. et al. Composição química, digestibilidade e predição dos valores energéticos da farinha de carne e ossos para suínos. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, v. 30, n. 1, p. 33-40, 2008. DOI: 10.4025/actascianimsci.v30i1.3597. SÁNCHEZ-MUROS, M.-J.; BARROSO, F.G.; MANZANO-AGUGLIARO, F. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. *Journal of Cleaner Production*, v. 65, p. 16-27, 2014. DOI: 10.1016/j.jclepro.2013.11.068. ZHU, J. L.; ZENG, Z. K.; SHURSON, G. C. et al. A meta-analysis to predict the concentration of standardized ileal digestible amino acids in distillers dried grains with solubles for poultry. *Poultry Science*, v. 97, n. 12, p. 4359-4366, 2018. DOI: 10.3382/ps/pey340.