

<https://doi.org/10.31533/pubvet.v12n8a156.1-13>

Uso de enzimas para aumentar a qualidade nutricional de farinhas de origem animal

Júlia Marixara Sousa da Silva^{1*}, Alison Batista Vieira Silva Gouveia², Weslane Justina da Silva³, Lorryne Moraes de Paulo⁴, Fabiana Ramos dos Santos⁵, Cibele Silva Minafra⁵

¹Doutoranda da Universidade Federal de Goiás, Departamento de Zootecnia. Goiania –GO Brasil.

²Mestrando do Instituto Federal Goiano; Departamento de Zootecnia. Rio Verde – GO Brasil.

³Mestre do Instituto Federal Goiano; Departamento de Zootecnia. Rio Verde – GO Brasil.

⁴Graduando do Instituto Federal Goiano; Departamento de Zootecnia. Rio Verde-GO Brasil. E-mail:

⁵Docente do Instituto Federal Goiano; Departamento de Zootecnia. Rio Verde – GO Brasil. E-mail: cibele.minafra@ifgoiano.edu.br

*Autor para correspondência: marixara13@gmail.com

RESUMO. O crescimento contínuo da indústria de alimentos resulta em uma grande quantidade de resíduos provindos dos frigoríficos de abate animais. O processamento dessa carne resulta em uma enorme quantidade de resíduos. A quantidade de resíduos produzidos além de ser uma grande perda de coprodutos com amplo potencial para reuso na cadeia produtiva, também causam sérios problemas de gestão, tanto do ponto de vista econômico como ambiental. Um dos resíduos gerados são as farinhas de origem animal (FOA), ingrediente rico em proteína, minerais e fonte energia em para rações de animais monogástricos. O uso de enzimas se torna uma estratégia interessante, pois podem tornar as FOA em ingrediente de maior valor nutricional. A suplementação enzimática beneficia a digestão e a absorção dos ingredientes, e sua adição em farinhas de origem animal pode melhorar a qualidade nutricional das rações e, conseqüentemente, o desempenho dos frangos. Esta revisão apresenta uma discussão sobre as enzimas uteis para nutrição de animais, principalmente as proteases utilizadas na hidrólise de resíduos proteicos, como as FOA.

Palavras-chave: alimentos, avicultura, enzimas, nutrição

Use of enzymes to increase the nutritional quality of animal meal for feed production.

ABSTRACT. The continued growth of the food industry results in a large amount of animal slaughterhouse waste. The processing of this meat results in a huge amount of co-product. The large amount of waste produced besides being a great loss of material with great potential for reuse in the productive chain, also causes serious management problems, both economic and environmental. One of the residues generated is animal meal (FOA), an ingredient rich in proteins, minerals and energy source in rations of monogastric animals. The use of enzymes becomes an interesting strategy because they can make FOA an ingredient of greater nutritional value. Enzyme supplementation benefits the digestion and absorption of the ingredients, and their addition in animal meal can improve the nutritional quality of the rations and, consequently, the performance of the chickens. This review presents a discussion on enzymes useful for animal nutrition, especially the proteases used in the hydrolysis of protein residues, such as FOA.

Keywords: enzymes, foods, nutrition, poultry

Uso de enzimas para aumentar la calidad nutricional de las harinas de origen animal

RESUMEN. El crecimiento continuo de la industria de alimentos resulta en una gran cantidad de residuos provenientes de las plantas de sacrificio animal. El procesamiento de esta carne resulta en una enorme cantidad de residuos. La cantidad de residuos producidos además de ser una gran pérdida de coproductos con vasto potencial para reutilización en la cadena productiva, también causan serios problemas de gestión, tanto desde el punto de vista económico como ambiental. Uno de los residuos generados son las harinas de origen animal (FOA), ingrediente rico en proteína, minerales y fuente de energía para las raciones de animales monogástricos. El uso de enzimas se vuelve una estrategia interesante, pues pueden tornar las FOA en ingrediente de mayor valor nutricional. La suplementación enzimática beneficia la digestión y la absorción de los ingredientes, y su adición en harinas de origen animal puede mejorar la calidad nutricional de las raciones y, consecuentemente, el desempeño de los pollos. Esta revisión presenta una discusión sobre las enzimas útiles para la nutrición de animales, principalmente las proteasas utilizadas en la hidrólisis de residuos proteicos, como las FOA.

Palabras clave: alimentos, avicultura, enzimas, nutrición

Introdução

As farinhas de origem animal (FOA) são importantes fontes de cálcio, fósforo, aminoácidos e energia. O aproveitamento de coprodutos de origem animal na dieta de monogástricos visa não somente a reduzir os custos da ração, como também a ser uma fonte alternativa de proteína ([Carvalho et al., 2012](#)).

No entanto, a falta de padronização no processo de fabricação pode ser um inconveniente para o uso, pois acarreta variações nos teores dos nutrientes e da energia, ([Geraldes, 2014](#)). Com isso, o uso das FOA em rações é limitado pelo conhecimento da origem do material e seu processamento, fatores que afetam a digestibilidade dos nutrientes por elas fornecidos. Por isso, são importantes as tecnologias que permitem a melhoria da digestibilidade destes ingredientes na ração de aves.

Entre estas tecnologias, inclui-se a adição de enzimas exógenas às dietas preparadas com FOA, uma vez que elas melhoram a eficiência de utilização dos nutrientes pelos animais ([Tavernari et al., 2014](#)). Resultados de pesquisa têm mostrado que o uso de enzimas exógenas melhora o aproveitamento da proteína ([Selle et al., 2010](#)), da energia ([Stefanello et al., 2016](#)), dos polissacarídeos não amiláceos ([Zhang et al., 2014](#)) e do fósforo ([Pereira et al., 2012](#)) nas dietas de aves, contribuindo para minimizar a poluição ambiental ([Alves-Campos et al., 2017](#)).

[Carvalho et al. \(2012\)](#), avaliando dietas à base de milho e soja para frangos de corte, com

substituição parcial de FOA, com adição ou não da enzima protease, concluíram que a utilização da FOA para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade se mostrou vantajosa, apresentaram um melhor ganho de peso e menor consumo de ração e que a suplementação da enzima protease melhorou a viabilidade.

O presente trabalho centra-se em uma revisão bibliográfica da qualidade das farinhas de origem animal na fabricação rações para monogástricos, e como as enzimas podem melhorar a disponibilidade de nutrientes deste ingredientes para atender as necessidades dos animais.

Farinhas de origem animal

Os coprodutos de origem animal são definidos como corpos inteiros ou partes de animais mortos e outros produtos provenientes de animais que não se destinam ao consumo humano, incluindo oocistos, embriões e sêmen. As principais fontes dos coprodutos são o abate de animais destinados a consumo humano, a produção de alimentos de origem animal e o abate sanitário de animais ([ABRA, 2016](#); [Geraldes, 2014](#)).

Segundo a Associação Brasileira de Reciclagem Animal ([ABRA, 2016](#)), as indústrias de reciclagem animal processaram 12,4 milhões de toneladas de coprodutos como vísceras, sangue e ossos de bovinos, suínos e aves em 2014. Cerca de 5,3 milhões de toneladas de farinhas e gorduras produzidas no Brasil são utilizadas como ingredientes na fabricação de rações (aves, suínos, peixes e pets), de biodiesel, de produtos de higiene e cosméticos, de fertilizantes e de itens como

vernizes e lubrificantes. A produção de coprodutos de origem animal apresenta crescimento médio anual de 25,4%, o que mostra o potencial desses produtos, principalmente das farinhas de carne e ossos, responsáveis por 86% das vendas externas brasileiras. A concentração de fabricação de farinhas e gorduras é proporcional à concentração de fábricas de produtos de origem animal, como uma relação simbiótica da cadeia produtiva, beneficiando o meio ambiente daquelas regiões.

Para restringir a comercialização das FOA aos setores de bovinocultura, seguindo a regra de outros países, com o intuito de prevenir a encefalite espongiforme bovina (BSE), o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) criou instruções normativas como a IN n° 15 de 2004, que proíbe em todo o território nacional a produção, comercialização e utilização de produtos destinados à alimentação de ruminantes que contenham, em sua composição, proteínas e gorduras de origem animal ([Brasil, 2003](#)). Porém, a legislação brasileira não impõe barreiras que dificultem ou proíbam a utilização das FOA para o uso na avicultura, desde que os abatedouros se adaptem às normas de produção e inspeção higiênico-sanitárias impostas pela legislação em vigor ([Amorin et al., 2015](#)).

A melhor sistemática para garantir um mínimo de controle sobre a produção do setor ainda é o levantamento das empresas com registro no Sistema de Inspeção Federal (SIF). Essas empresas “sifadas” são apenas uma parte do setor que ainda fica subestimado pela dificuldade de se obterem dados relativos às empresas registradas nos sistemas de inspeção estadual ou municipal. Ainda não houve interligação desses sistemas ao sistema federal, o que inviabiliza um levantamento preciso ([ABRA, 2016](#)).

O Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal ([CBAA, 2013](#)) apresenta as especificações de qualidade para as farinhas de origem animal. Para farinha de vísceras de aves, os valores são de 8% de umidade (máxima), 55% de proteína bruta (mínima), 60% de digestibilidade em pepsina, 10% de extrato etéreo (mínimo) e de 15% de matéria mineral (máxima). Na farinha de vísceras suínas, a especificação é de 8% de umidade (máxima), 55% de proteína bruta (mínima), 85% de digestibilidade em pepsina, 15% de extrato etéreo (mínimo) e de 33% de matéria mineral (máxima). Já para farinha de

carne e osso bovino, as especificações são de 8% de umidade (máxima), 55% de proteína bruta (mínima), 30% de digestibilidade em pepsina, 10% de extrato etéreo (mínimo) e de 28% de matéria mineral (máxima).

Tradicionalmente, a alimentação de frangos é composta por milho e baixa inclusão de farinhas de origem animal, no entanto, com a evolução no ganho de peso dos frangos, há necessidade de aumentar os níveis proteicos das dietas.

Estes coprodutos de origem animal são muito importantes nos aspectos nutricionais, econômicos e de segurança alimentar. Porém, quando se trata de coprodutos de origem animal, maior cuidado é necessário, pois em função do processo produtivo, apresentam dificuldade de padronização ([Oliveira et al., 2014](#)).

As farinhas de origem animal (FOA) propiciam dietas com níveis nutricionais mais elevados, sendo uma opção para suprir a deficiência de alguns aminoácidos nos farelos de origem vegetal ([Ruis et al., 2013](#)).

Dessa forma, o efeito das farinhas de origem animal sobre o desempenho do animal pode ser modificado por vários fatores, entre os quais o processamento, a origem do coproduto utilizado e o uso de aditivos e antioxidantes ([Aguiar et al., 2014](#)).

A inclusão de até 8% de farinhas de origem animal nas rações, além de suprir a necessidade proteica da ave, desempenha um papel importante na reciclagem de nutrientes e na preservação do meio ambiente, quando se leva em consideração o teor poluente dos coprodutos de abatedouros. Assim, aproveitar os resíduos da indústria de carnes para produção de farinhas de origem animal (FOA) é de suma importância nos aspectos econômicos e ambientais ([Rostagno et al., 2017](#)).

A farinha de vísceras de aves, suínos e bovinos são coprodutos provenientes de pedaços da carcaça, pescoço, pés, ovos não desenvolvidos e vísceras, excluindo penas e casca de ovos quando se trata da farinha de vísceras pura. O método mais utilizado para sua obtenção é o da cocção, em que a matéria-prima é cozida a uma pressão de vapor de 110° a 130°, por de três a seis horas. Em seguida, é extraída a gordura do produto, seco e triturado. Após, é cozido novamente com temperatura inicial de 100°C, aumentado gradativamente para 125°C, levando à evaporação da água e separação da gordura por pressão ou extração por solvente ([Amaral et al., 2017](#)).

As farinhas de vísceras de aves (FVA) são um coproduto dos frigoríficos de aves, constituído basicamente pelo aparelho digestivo, pelas vísceras comestíveis e carcaças condenadas de aves abatidas e pelas vísceras não comestíveis. Não devem conter penas, sendo, no entanto, permitida a inclusão de cabeças e de pés, desde que não altere a composição química média do produto ([CBAA, 2013](#)).

A farinha de vísceras de suínos (FVS) é um produto resultante do cozimento de coprodutos de origem suína, constituído por partes cárneas (vísceras) e ossos. A matéria-prima utilizada é coletada em estabelecimentos fiscalizados por órgãos competentes como frigoríficos, açougues e casas de carnes. Seu processamento ocorre conforme normas do Ministério da Agricultura sob orientação do Serviço de Inspeção Federal (SIF) ([Ferrolí & Librelotto, 2011](#)).

As farinhas de carne e ossos bovinas (FCOB) podem ser utilizadas em níveis nos quais seu teor em cálcio funcione como limitante, isto é, alcance o teor indicado na ração para a fase e a espécie em questão ([Matias et al., 2012](#)). A matéria-prima utilizada na produção da farinha de carne e ossos é coletada em frigoríficos, açougues e casas de carnes, estando rigorosamente dentro das normas do Ministério da Agricultura, sob orientação do Serviço de Inspeção Federal (SIF) ([Fujihara et al., 2015](#)).

Em função das características nutricionais, as FOA são produtos que apresentam vantagens na formulação de rações para animais, possibilitando um melhor aproveitamento na relação custo/benefício.

As principais vantagens no uso das farinhas de origem animal estão relacionadas aos nutrientes, minerais de alta disponibilidade, níveis proteicos, otimização de custos, além de propiciar dietas com níveis nutricionais mais elevados. Além disso, temos a palatabilidade, que se torna muito interessante para nutrição de pets com a melhoria no odor, sabor e textura da dieta, deixando-a mais palatável aos animais ([Beski et al., 2015](#)).

Enzimas na nutrição animal

De acordo com a publicação oficial da Associação Americana Oficial de Controle de Alimentos para consumo animal ([AAFCO, 2006](#)), uma enzima é definida como uma proteína composta por aminoácidos ou seus derivados, que catalisa uma reação química específica. A necessidade de cofatores

específicos é considerada parte integrante da enzima.

Na nutrição dos animais, a suplementação das dietas com enzimas tem como objetivo melhorar o valor nutritivo das diferentes matérias-primas, o valor nutricional do produto final e atender às exigências do consumidor por um produto mais barato, seguro, saudável e mais favorável ao ambiente ([Aspevik et al., 2017](#)).

Aves e suínos produzem enzimas, as chamadas enzimas endógenas, porém quando não produzem determinada enzima ou a quantidade produzida não é o suficiente para atuar na dieta ingerida, pode ser recomendada a utilização de enzimas exógenas ([Alves-Campos et al., 2017](#)).

As enzimas exógenas não são organismos vivos, mas produtos de organismos vivos como bactérias e fungos. São proteínas globulares de estrutura terciária ou quaternária que atuam como catalisadores biológicos que aceleram as reações químicas e têm alta especificidade, pois cada tipo de enzima atua sobre um composto ou substrato associado, que se encaixa na enzima específica, de modo que os centros ativos coincidem perfeitamente, sendo capazes de abrir caminhos para sua transformação (complexo enzima-substrato) ([Magnago et al., 2015](#)).

No organismo, as enzimas exógenas ingeridas complementam as enzimas produzidas pelo próprio animal em quantidades insuficientes (amilases e proteases), fornece aos animais as enzimas que eles não conseguem sintetizar (celulases, queratinase) e eliminam os efeitos negativos de fatores antinutricionais e a poluição ambiental pela excreção fecal de nitrogênio e fósforo ([Zhang et al., 2014](#); [Matias et al., 2015](#)).

As enzimas exógenas aumentam a digestibilidade de moléculas complexas, especialmente em animais jovens que não têm bom desenvolvimento do perfil enzimático intestinal ([Scottá et al., 2016](#)).

Diferentes tipos de complexos enzimáticos (fitases, xilanases, amilases, celulases, proteases, glucanases e etc.) estão disponíveis no mercado e apresentam mais de uma atividade enzimática. As enzimas exógenas são classificadas como aditivos zootécnicos, pertencentes ao grupo funcional dos aditivos zootécnicos digestivos, segundo a Instrução Normativa (IN) N°13 de 2004 ([Brasil, 2004](#)).

O efeito da adição de enzimas e/ou complexos enzimáticos sobre as variáveis de produção e/ou

metabolismo pode ser decorrente de uma série de fatores, sendo os principais, o tipo de dieta e a forma de suplementação da enzima ([Barbosa et al., 2014](#)).

As enzimas são incluídas nas rações pelos métodos de “over the top” (por cima). Esta adição aumenta o custo de formulação, pois se o animal estiver com suas exigências nutricionais supridas pela ração, à adição da enzima produzirá um excesso de nutrientes que poderão ser convertidos em gordura ou não serão utilizados pelo animal e serão excretados. Outra forma de inclusão das enzimas é “on the top” com adição de enzimas exógenas em dietas com nutrientes reduzidos, a fim de ajustar o valor nutricional da dieta de acordo com a exigência do animal sem elevar o custo da ração. Há ainda a adição por superestimação de algum nutriente da dieta, sendo o mais comum o de energia metabolizável de um ou mais ingredientes da ração para a adição da enzima exógena ([Gewehr et al., 2014](#); [Barbosa et al., 2014](#)).

As aves se beneficiam mais do uso de enzimas exógenas por apresentar um sistema digestivo mais curto ([Mavromichalis, 2012](#)). A adição da enzima pode melhorar o aproveitamento da energia do ingrediente assim como a digestibilidade ileal aparente de aminoácidos dos ingredientes ([Romero et al., 2013](#)).

Dessa forma, algumas pesquisas têm sido conduzidas com o intuito de verificar a eficiência das enzimas sobre a digestibilidade e metabolização de nutrientes dos ingredientes. Objetiva-se, nestas pesquisas, fornecer ao nutricionista animal a possibilidade da formulação de rações “on the top”, considerando o incremento nutricional obtido com a utilização enzimática.

O valor nutricional do farelo residual de milho (FRM) sem e com a α -amilase foi determinado com para frangos de corte com 14 dias por [Valadares et al. \(2016\)](#). Os autores determinaram que energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) do FRM com e sem enzima foram de 3241 e 3261kcal/kg, respectivamente, não sendo observado nesta pesquisa efeito individual da enzima sobre este parâmetro.

A hidrólise das proteínas resistentes ao processo digestivo das enzimas das próprias aves proporciona redução da proteína bruta da dieta, sem causar alteração no desempenho zootécnico e no rendimento de carcaça das aves, apesar de

ressaltarem que seus efeitos são mais pronunciados em dietas com reduzidos níveis aminoácídicos ou proteicos, possibilitando minimizar a excreção de nitrogênio, fator de enorme importância ecológica ([Oxenboll et al., 2011](#)).

As enzimas adicionadas a dietas de aves apresentam resultados, muitas vezes, inconsistentes e conflitantes, devido a vários fatores como diferenças no tipo de enzimas testadas, no planejamento experimental e nos nutrientes das dietas de controle negativo ([Angel et al., 2011](#)), dificultando a interpretação precisa de cada enzima.

As fontes proteicas são ingredientes que contribuem para o aumento do custo das dietas de aves. Diante disso, torna-se necessária a utilização de tecnologias que proporcionem o melhor aproveitamento nutricional deste ingrediente pelos animais, caso das enzimas proteolíticas.

Proteases são hidrolases produzidas por plantas ou microrganismos que têm classificação diversificada pela diversidade de sua ação e de sua estrutura. De acordo com o ponto de clivagem na cadeia polipeptídica, as proteases ou peptidases podem ser classificadas e subdivididas em exopeptidases e endopeptidases ([Souza et al., 2015](#)).

As proteases atuam promovendo maior digestibilidade da proteína e, como os ingredientes proteicos nas dietas de frangos têm valor de custo de produção destes animais, seu melhor aproveitamento resulta diretamente na redução de custo de produção ([Alves-Campos et al., 2017](#)).

Estudos têm descrito que as proteases endógenas sintetizadas e liberadas no trato gastrointestinal podem ser suficientes para aumentar a utilização da proteína da ração ([Freitas et al., 2011](#)). Rodrigues et al (2012), concluíram, que avaliando a digestibilidade da proteína bruta e aminoácidos das dietas das aves, que uma quantidade considerável de proteína passa pelo trato gastrointestinal sem ser completamente digerida.

As aves têm capacidade de sintetizar proteases, e o uso de proteases exógenas tem a finalidade de suplementar as enzimas endógenas. As proteínas pouco digestíveis podem ter seu uso potencializado pela utilização de proteases, melhorando sua digestão, pois seu mau aproveitamento pode causar maior excreção de nitrogênio, que é um nutriente caro e com

potencial poluidor, quando descartado de forma incorreta ([Souza et al., 2015](#); [Opoku et al., 2015](#); [Lemuchi et al., 2013](#)).

As proteases exógenas são responsáveis pela catálise das ligações peptídicas entre os aminoácidos das proteínas, e sua adição inativa fatores antinutricionais presentes em determinados alimentos como lecitinas, proteínas antigênicas e inibidores de tripsina, presentes, particularmente, nas leguminosas, podendo também auxiliar na atividade proteolítica das enzimas endógenas em animais jovens, maximizar a disponibilidade de aminoácidos, colaborando com a energia metabolizável das rações e, por conseguinte, aprimorando o desempenho zootécnico dos animais, reduzindo o custo de produção ([Barbosa et al., 2014](#); [Liu et al., 2013](#); [Silva et al., 2016](#)).

Há potencial para melhorar a utilização dos aminoácidos das dietas pela suplementação de protease, reduzindo os custos de formulação nas dietas, já que os níveis de inclusão de certos nutrientes, como aminoácidos e minerais, podem ser reduzidos. Assim, as proteases são recomendadas para adição às dietas de frangos de corte, pois melhoram o desempenho, sendo seus efeitos mais pronunciados quando as dietas são formuladas com baixos níveis de aminoácidos essenciais ou de proteína total, de forma a minimizar as excreções de nitrogênio ([Barbosa et al., 2014](#)).

É possível reduzir os níveis de aminoácidos sintéticos suplementados nas dietas de frangos de corte, considerando digestibilidade de até 40% superior a real, quando se utiliza protease, não afetando os parâmetros de desempenho, rendimento de carcaça e cortes para abates até os 42 dias de idade ([Vieira et al., 2016](#)).

Os efeitos da protease com adição de 200g/tonelada foram avaliados sobre os coeficientes de metabolizabilidade dos nutrientes em dietas contendo farinha de penas com enzima e matriz nutricional valorizada, com enzima e sem valorização, sem enzima e com valorização para frangos de corte de um a 32 dias. Na fase inicial, houve maior coeficiente de metabolizabilidade da proteína para as aves que consumiram ração com valorização da matriz nutricional da enzima, independentemente da adição de protease. Na fase final, níveis nutricionais reduzidos e enzima sem valorização melhoraram os coeficientes de metabolizabilidade dos nutrientes ([Matias et al., 2015](#)).

O uso de proteases durante o preparo das rações com inclusão de FOA promove aumento da digestibilidade e solubilidade das proteínas. Resultados favoráveis têm sido observados com a utilização de enzimas proteolíticas nas farinhas de penas, entre elas, queratinases, que hidrolisam a queratina, que é insolúvel e indigestível por animais ([Schone et al., 2017](#)).

A suplementação das enzimas proteolíticas exógenas, caso da protease, auxilia no aumento da metabolizabilidade dos nutrientes presentes na ração ([Dalólio et al., 2016](#)), além de contribuir com a redução dos custos da dieta, possibilitando a utilização de alimentos com proteínas pouco digestíveis como as FOA ([Gomes et al., 2017](#)).

Matias et al. (2015) não observaram melhora de metabolizabilidade do extrato etéreo com a utilização enzima protease em dietas de frango de corte com FOA. [Freitas et al. \(2011\)](#), avaliando dietas com inclusão farinha de carne e ossos, encontraram melhores resultados de metabolizabilidade da proteína bruta nos tratamentos que continham a mesma inclusão da enzima protease.

Por outro lado, [Olukosi et al. \(2015\)](#) não encontraram efeito da adição da protease sobre a metabolizabilidade da matéria seca em dietas à base de milho e farelo de soja, tendo observado ainda efeito negativo de energia metabolizável sobre o coeficiente de metabolizabilidade na matéria seca (CMMS).

Sistema de energia para aves

A composição química dos alimentos é um dos fatores que determinam seu valor nutricional, porém, para maior acurácia nas formulações, são importantes a determinação do conteúdo e a disponibilidade dos nutrientes. Além do conhecimento da composição química, um dos aspectos mais importantes para se alcançar sucesso em um programa de alimentação é o fornecimento de energia em quantidade adequada. A energia presente nos alimentos é um dos fatores limitantes do consumo, estando envolvida em todos os processos produtivos das aves. Determinar a quantidade de energia bruta contida no alimento é uma prática fácil e rápida, não estimando com precisão a quantidade de energia que o animal é capaz de aproveitar efetivamente ([Vieira et al., 2014](#)).

A medição e os sistemas de expressão da energia dos alimentos têm sido alvo regular de revisão e discussão, dada à importância da correta

avaliação do valor energético dos alimentos para os sistemas de produção.

A energia presente nos alimentos é o produto resultante da transformação dos nutrientes durante o metabolismo, fator importante na nutrição animal ([Frank et al., 2016](#)), sendo a energia metabolizável (EM) uma estimativa da energia dietética disponível para ser metabolizada pelo tecido animal.

A energia presente nos alimentos pode ser definida como uma unidade de calor ou caloria, sendo uma caloria igual à quantidade de calor necessária para elevar um grama de água de 14 °C para 15 °C. A caloria não pode ser considerada um nutriente, mas o resultado da oxidação dos nutrientes durante o metabolismo animal, principalmente da proteína, carboidratos, lipídeos e parte da fibra ([Scottá et al., 2016](#)).

O estudo do metabolismo energético envolve várias áreas de conhecimento, indo desde eventos que ocorrem na célula até aqueles relacionados ao animal como um todo. A energia é liberada do alimento pelos processos metabólicos de oxidação de seus constituintes orgânicos, portanto, não é considerada nutriente. A energia produzida pela oxidação fisiológica pode ser utilizada pelo animal para realização de trabalho, como atividade muscular ou para geração de calor e para os processos metabólicos ([Sakomura et al., 2014](#)).

Teoricamente há uma partição da energia em frangos de corte, que pretende explicar a compartimentalização utilizada nos sistemas de energia e também a complexidade das interações entre compartimentos, que se reflete nas metodologias de determinação do valor energético dos alimentos ([Fernandes et al., 2017](#)).

A energia bruta do alimento (EB), medida por combustão em bomba calorimétrica, depende do número de ligações com átomos de carbono presentes em seus componentes. Apesar de representar uma medida relativamente simples, apenas uma parte da energia bruta é aproveitada pelo animal, em decorrência da habilidade de digestão dos alimentos pelos animais. A variabilidade na digestibilidade e no metabolismo entre alimentos exclui seu uso para formulação de rações ou comparação de alimentos ([Andrade et al., 2016](#)).

Subtraídas as perdas fecais da EB, temos a energia aparente digestível (ED). O sistema de ED considera que toda energia que desapareceu durante a passagem de certa quantidade de

alimento pelo trato gastrointestinal (TGI) foi absorvida e utilizada pelo animal. Entretanto, parte do que é absorvido pode ser diretamente excretado pela urina, ou pode ser metabolizado e gerar resíduos que podem também ser excretados por essa via, que, por sua vez, após descontarmos as perdas urinárias e pela produção de gases (essa mais importante para ruminantes), temos a energia metabolizável (EM), que é a energia efetivamente disponível para o metabolismo animal ([Kras et al., 2013](#)).

Após descontarmos as perdas devidas ao incremento calórico, podemos, finalmente, observar a energia líquida (EL), que expressa à parcela que o animal vai realmente utilizar, seja para sua manutenção (ou seja, as atividades essenciais para sobrevivência do animal, como as atividades metabólicas, manutenção da respiração, batimentos cardíacos) ou para a produção, seja de carne, ovos, ou leite, no caso dos mamíferos ([Mitchell, 2012](#)).

A energia metabolizável aparente (EMA), forma clássica da energia metabolizável (EM), é definida pela diferença entre a energia bruta consumida na ração e a energia bruta excretada. Nas aves, a energia bruta excretada abrange a energia das fezes, urina e gases da digestão, sendo esta última negligenciada para aves, como descreve o National Research Council ([NRC, 1994](#)).

Os animais se alimentam para suprir necessidades básicas, obter nutrientes que lhes serão essenciais e, pela oxidação de alguns deles, produzir energia para manutenção dos processos vitais e produtivos. É importante compreender que o desempenho está diretamente relacionado com a quantidade e a qualidade da dieta ingerida, uma vez que ela deverá garantir as necessidades do animal para manutenção e para produção ([Tavernari et al., 2014](#)).

Na formulação de rações para frangos de corte, a principal preocupação é fornecer energia e aminoácidos em quantidade adequada para as aves. Para isso, há necessidade de conhecer o valor energético e a digestibilidade dos alimentos ([Santos et al., 2014](#)).

A ingestão de alimentos pelas aves é regulada pelo conteúdo de energia metabolizável aparente (EMA) da dieta, pois estes animais comem para suprir suas exigências energéticas ([Miranda et al., 2017](#)). No entanto, a variabilidade na composição química dos alimentos, na digestibilidade e na

biodisponibilidade de seus nutrientes pode influenciar os valores energéticos e resultar em variações no valor de energia metabolizável aparente ([Abreu & Lara, 2014](#)).

Os valores de energia metabolizável dos alimentos podem variar de acordo com a metodologia utilizada para determiná-la, a retenção de nitrogênio, a espécie de ave, a idade das aves, o processamento, a granulometria da ração, o nível de inclusão do alimento testado, o sexo das aves, o consumo de ração, a adição de enzimas exógenas à dieta, entre outros fatores, daí a necessidade constante de avaliação dos valores de energia metabolizável dos alimentos nas mais diferentes situações ([Scottá et al., 2016](#)).

Em aves, por motivos fisiológicos e anatômicos, a separação da excreta em fezes e urina é relativamente complicada, requerendo uma modificação cirúrgica que exteriorize o ureter. Assim, a coleta de fezes e urina, ou excreta total, é realizada conjuntamente, levando a uma estimativa direta da energia metabolizável aparente (EMA), uma vez que, como referido anteriormente, nem toda energia da excreta é originada do alimento, sendo uma parte de origem endógena originada da descamação de células intestinais, hormônios, enzimas, entre outros. Se essa perda energética endógena for medida e então subtraída da EMA, tem-se a energia metabolizável verdadeira (EMV) ([Koch et al., 2015](#)).

A energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) difere da energia metabolizável aparente (EMA) pela correção associada ao balanço de nitrogênio. Essa correção baseia-se no fato de que, em aves em crescimento, a proteína retida no organismo não contribui para a energia das fezes e da urina ([Andrade et al., 2016](#)).

Ao determinar a energia metabolizável das aves, melhora-se a capacidade destes animais em aproveitar os nutrientes e energia fornecidos pelos alimentos, pois a digestibilidade de energia tende a aumentar com o desenvolvimento do seu trato digestivo ao avançar da idade ([Broch et al., 2015](#)).

Embora as FOA sejam ingredientes proteicos, pela elevada concentrações de extrato etéreo na sua composição centesimal contribuem significativamente para EMA das dietas das aves. As Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos ([Rostagno et al., 2017](#)) descrevem que o valor EMA da farinha de vísceras suínas e de aves é iguais a 3241 e 2240 kcal/kg, respectivamente. Os

mesmos autores descrevem que o valor energético da farinha de carne e osso bovino é igual a 2602 kcal/kg. Ressalta-se que, com a variação no conteúdo nutricional das FOA, o valor energético das farinhas pode ser variável, motivo pelo qual estes valores devem ser atualizados constantemente.

Coefficientes de digestibilidade de aminoácidos e aproveitamento de energia

Os aminoácidos são as unidades básicas que formam a proteína, nutriente fundamental da alimentação dos animais. Os aminoácidos podem ser encontrados em todos os alimentos, de origem animal ou vegetal, que contenham proteína. Entretanto, diferentemente das plantas, os animais não podem sintetizar todos os aminoácidos para atender as suas exigências, que são essenciais e limitantes e devem ser fornecidos na ração ([Nascimento et al., 2014](#)).

Os aminoácidos, depois de absorvidos, serão utilizados para a síntese das mais diferentes proteínas, necessárias para processos vitais dos animais e para a produção dos produtos de interesse econômico. Os aminoácidos ingeridos em excesso, em relação à exigência, serão catabolizados pela remoção do grupo amino, resultando na produção de esqueleto carbônico, água, energia, amônia, ácido úrico e ureia. Estes três últimos são compostos poluidores e devem ter sua produção minimizada pela indústria ligada à cadeia produtiva de carne de frango ([Oliveira et al., 2014](#)).

A eficiência dos processos de digestão e utilização dos aminoácidos depende da ação moduladora de hormônios, da ausência de fatores antinutricionais nos alimentos, do nível de saúde intestinal e do equilíbrio na relação existente entre os aminoácidos e a energia da dieta ([Frank et al., 2016](#)).

Mais importante que a quantidade de proteína dietética é a composição ou o perfil aminoacídico desta proteína, pois as aves não apresentam exigências nutricionais para proteína bruta (PB) em si, mas para cada um dos aminoácidos essenciais que compõem a proteína dietética, além de necessitarem de um excedente de nitrogênio amino suficiente para a biossíntese de aminoácidos não essenciais ([Vieira et al., 2014](#)).

Para prever a qualidade proteica de alimento de origem animal, um dos métodos é a solubilidade em Pepsina ou digestibilidade proteica “in vitro”. Este método mantém

correlação com os métodos “in vivo”, com a vantagem de ter fácil e rápida execução a custo reduzido ([Sinhorini, 2013](#)).

Um dos avanços alcançados na nutrição animal é a utilização do conhecimento do metabolismo proteico e a possibilidade de determinação de aminoácidos nos alimentos, assim, surgiram formulações com base em aminoácidos totais. Este sistema de formulação foi reavaliado em diversas pesquisas, pois nem toda fração aminoacídica da dieta é digerida, assim, parte dos aminoácidos é excretada, tornando estas dietas poluentes e desvantajosas economicamente ([Pessôa et al., 2012](#)).

Desta forma, na formulação de rações é muito importante o conhecimento da digestibilidade proteica, pois essa informação conduz a melhores resultados nutricionais e também à redução da excreção de nutrientes pelos animais. A digestibilidade é determinada pela diferença entre a quantidade de aminoácidos consumida e a excretada e é identificada com base no local em que é realizada a coleta material, podendo ser pelo método de coleta fecal ou ileal, sendo o último, a melhor opção para estimar a digestibilidade dos aminoácidos, já que o conteúdo ainda não sofreu interferência da microbiota do intestino grosso ([Nunes et al., 2015](#)).

Na coleta total pode haver influências de fatores além daqueles esperados para a digestibilidade de aminoácidos, como, por exemplo, a influência da microbiota cecal, perdas endógenas e metabólicas, além da particularidade de que nas aves a excreção de urina e fezes ocorre simultaneamente. A digestibilidade aparente mede a digestibilidade de aminoácidos, tanto proveniente da dieta quanto da perda endógena. Já a digestibilidade ileal utiliza uma fórmula de correção, desconsiderando os aminoácidos endógenos ([Roosendaal & Wahlstrom, 2016](#)).

Por consequência, para melhor desempenho do animal, os perfis de aminoácidos dos ingredientes devem ter por base valores e aminoácidos digestíveis. Assim, é importante conhecer o teor e os coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos dos alimentos utilizados nas formulações das rações para as aves ([Scottá et al., 2016](#)).

A quantidade de aminoácido da ração que desaparece no intestino delgado é denominada de aminoácido digestível aparente, que são aminoácidos dietéticos não digeríveis e os aminoácidos de origem endógena, que foram secretados dentro do trato gastrointestinal e que

não foram reabsorvidos antes do íleo terminal. Quando consideramos perdas endógenas, o valor de aminoácido digestível verdadeiro ou o estandardizado é estimado. Esta informação é obtida através da coleta de animais em jejum ou recebendo dietas isentas de proteínas ([Gilani et al., 2012](#)).

O conhecimento da digestibilidade de cada aminoácido é fundamental para se obter maior precisão na formulação de dietas, principalmente com o uso de alimentos alternativos ou coprodutos de origem animal, visto haver grande variação na digestibilidade entre os aminoácidos e entre os alimentos ([Agustini et al., 2015](#)).

A digestibilidade dos aminoácidos e o teor de proteína das farinhas de origem animal dependem do processo de hidrólise aplicado, que varia de um sistema para o outro, das matérias-primas utilizadas, entre outros fatores que afetam a composição e a qualidade final do produto ([Jayathilakan et al., 2012](#)). Assim, os efeitos do processamento da FOA podem ir além da qualidade da proteína, aminoácidos e energia ([Gomes et al., 2010](#)), por isso, investigações in vivo são mais precisas quando o intuito é determinar a digestibilidade verdadeira dos aminoácidos das FOA.

[Pretto et al. \(2014\)](#) citam que, embora o processo de hidrolisação possa melhorar a digestibilidade das FOA, a quebra das ligações entre os aminoácidos que formam a proteína proporciona reações entre os nutrientes, constituindo complexos ou provocando a desnaturação proteica, o que torna esses nutrientes indigestíveis, ocasionando redução no valor energético dos alimentos. A qualidade proteica das FOA pode sofrer alterações pelo fato de a proteína ser formada por aminoácidos, com digestibilidade variável em função do processamento térmico a que são submetidos ([Nosworthy & House, 2016](#)).

É consenso entre os nutricionistas que conhecimento do conteúdo energético e coeficiente e digestibilidade dos aminoácidos proporcionam atendimento das exigências nutricionais das aves e redução dos custos das rações ([Troni et al., 2016](#)). Assim, a quantificação destes dados nas FOA com a adição de enzimas proteolíticas pode se constituir num dado relevante para a indústria avícola, possibilitando a inclusão de maiores níveis de FOA na dieta, tornando-a mais sustentável econômica e ambientalmente.

Considerações finais

Não se pode fabricar uma ração de qualidade com ingrediente de má qualidade. As Farinhas de Origem Animal devidamente gerenciadas trazem benefícios para toda cadeia produtiva, e principalmente nos aspectos ambientais e econômicos. O uso das enzimas é uma das tecnologias usadas para melhorar as características nutricionais das FOA aumentando a qualidade das rações. As proteases podem degradar as proteínas liberando peptídeos e aminoácidos e outros nutrientes para os animais.

Referências bibliográficas

- AAFFCO, The Association of American Feed Control Officials. 2006. *Official publication AFFCO* (457 p.). ISBN 1-878341-18-9.
- ABRA, Associação Brasileira de Reciclagem Animal. 2016. Diagnóstico da indústria brasileira de reciclagem animal. Disponível em: http://abra.ind.br/views/download/II_diagnostico_da_industria_brasileira_de_reciclagem_animal.pdf. Acesso em: 05 de setembro, 2017.
- Abreu, A. R. C. & Lara, L. J. C. 2014. Energia na alimentação de frangos de corte. *Avicultura Industrial*, 105, 44-48.
- Aguiar, G. P. S., Limberger, G. M. & Silveira, E. L. 2014. Alternativas tecnológicas para o aproveitamento de resíduos provenientes da industrialização de pescados. *Revista eletrônica interdisciplinar*, 1(11).
- Agustini, M. A., Nunes, R. V., Silva, Y. L., Vieites, F. M., Eyng, C., Calderano, A. A. & Gomes, P. C. 2015. Coeficiente de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis verdadeiros de diferentes cultivares de milho para aves. *Semina: Ciências Agrárias*, 36, 1091-1098.
- Alves-Campos, C. F., Rodriguês, K. F., Vaz, R. G. M. V., Giannesi, G. C., da Silva, G. F., Parente, I. P. & Araújo, C.C. 2017. Enzimas fúngicas em dietas com alimentos alternativos para frangos de crescimento lento. *Revista Desafios*, 4, 35-53.
- Amaral, M. T., Aparício, G. K. D. S., Souza, P. L.D. & Santos, Â. M. L. D. 2017. Aplicação de tecnologias tradicionais no beneficiamento do pescado na região do baixo amazonas, estado do pará/traditional technology application in fish processing in the region of lower amazon, state of para. *Revista Geintec-Gestão, Inovação e Tecnologias*, 7, 3708-3721.
- Andrade, R. C., Lara, L. J. C., Pompeu, M. A., Cardeal, P. C., Miranda, D. J. A. & Baião, N. C. 2016. Avaliação da correção da energia pelo balanço de nitrogênio em alimentos para frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 68, 497-505.
- Angel, C. R., Saylor, W., Vieira S. L. & Ward, N. 2011. Effects of a monocomponent protease on performance and protein utilization in 7- to 22-day-old broiler chickens. *Poultry Science*, 90, 2281-2286.
- Aspevik, T., Oterhals, Å., Rønning, S. B., Altintzoglou, T., Wubshet, S. G., Gildberg, A. & Lindberg, D. 2017. Valorização de Proteínas de Co-e Subprodutos da Indústria de Peixe e Carne. *Tópicos em Química atual*, 375, 53.
- Barbosa, N. A. A., Bonato, M. A., Sakomura, N. K., Dourado, L. R. B., Fernandes, J. B. K. & Kawachi, I. M. 2014. Digestibilidade ileal de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com enzimas exógenas. *Comunicata Scientiae*, 5(4), 361.
- Beski, S. S., Swick, R. A. & Iji, P. A. 2015. Produtos proteicos especializados em nutrientes para frangos de frango: uma revisão. *Nutrição Animal*, 1 (2), 47-53.
- Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2004. Mapa. Instrução Normativa nº 13, de 30 de novembro de 2004. D.O.U., Brasília, 01 de dezembro de 2004. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/legislacao/instrucao-normativa-no-13-de-30-de-novembro-de-2004.pdf/view>. Acesso em: 08 de agosto, 2017.
- Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2003. Instrução Normativa nº 15 de 2 de outubro de 2003. Regulamento técnico sobre as condições Higiênic-Sanitárias e Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos que processam resíduos de animais destinados a alimentação animal. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (Dipoa), Secretaria de Defesa Agropecuária (DAS).
- Broch, J., Oliveira, N. T. E., Nunes, R. V., Henz, J. R., Silva, I. M., Frank, R. & Schone, R. A. 2015. Chemical composition and energetic values of wheat and its sub-products for broiler

- chicken. *Semina: Ciências Agrárias*, 36, 3481-3488.
- Carvalho, C. M. C., Fernandes, E. A., Carvalho, A. P., Caires, R. M. & Fagundes, N. S. 2012. Uso de farinhas de origem animal na alimentação de frangos de corte. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, 107, 69-73.
- CBAA, *Compêndio Brasileiro De Nutrição Animal*. 2013. Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal, São Paulo, BR.
- Dalólio, F. S., Albino, L. F. T., Rostagno, H. S., Silva, D. L. D., Júnior, X., Lucas, M. & Oliveira, V. D.D. 2016. Energia metabolizável e aminoácidos digestíveis de soja sem gordura sem ou com suplementação de protease em dietas para frangos de corte. *Ciência e Agrotecnologia*, 40, 565-576.
- Fernandes, J. I. M., Contini, J. P., Prokoski, K., Gottardo, E. T., Cristo, A. B. & Perini, R. 2017. Broiler performance and energy and nutrient utilization of starter diets with classified corn or not and supplemented with enzymatic complexes. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 69, 181-190.
- Ferrolí, P. C. M. & Librelotto, L. I. 2011. Integração da sustentabilidade em ferramenta projetual: FEAP-SUS. *Revista Produção Online*, 11, 447-475.
- Frank, R., Nunes, R. V., Schone, R. A., Pires Filho, I. C., Silva, I. M. & Castilha, L. D. 2016. Determinação dos valores energéticos e aminoacídicos da silagem de grãos úmidos de milho para frangos de corte. *Archivos de Zootecnia*, 65, 103-106.
- Freitas, D. M., Vieira, S. L., Angel, C. R., Favero, A. & Maiorka, A. 2011. Performance and nutrient utilization of broilers fed diets supplemented with a novel monocomponent protease. *Journal of Applied Poultry Research*, 20, 322-334.
- Geraldes, A. 2014. A Reciclagem Animal diante da Política Nacional de Resíduos Sólidos. *Revista Graxaria Brasileira: Reciclagem Animal*, 7, ed. 39.
- Gewehr, C. E., Rosniecek, M., Follmann, D. D., Cezaro, A. M. D., Gerber, M. S. & Schneider, A. F. 2014. Multienzyme complex and probiotics in broiler diet. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 15, 907-916.
- Gilani, G. S., Xiao, C. W., & Cockell, K. A. 2012. Impact of antinutritional factors in food proteins on the digestibility of protein and the bioavailability of amino acids and on protein quality. *British Journal of Nutrition*, 108(S2), S315-S332.
- Gomes, P. C., Generoso, R. A. R., Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Brumano, G & Mello, H. H. C. 2010. Valores de aminoácidos digestíveis de alimentos para aves. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 1259-1265.
- Gomes, V. D. S., Silva, J. H. V., Cavalcanti, C. R., Fonseca, S. B., Jordão Filho, J., Silva Neto, M. R. & Silva, F. B. 2017. Utilização de enzimas exógenas na nutrição de peixes-revisão de literatura. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*, 19, 259-264.
- Jayathilakan, K., Sultana, K., Radhakrishna, K., & Bawa, A. S. 2012. Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: a review. *Journal of food science and technology*, 49(3), 278-293.
- Koch, K. M., Thaler, R. C., Baidoo, S. K., Levesque, C. L. & Bott, R.C. 2015. Caracterização de energia e desempenho de suínos alimentados com um novo produto extrusado de milho e soja. *Revista de Ciência Animal e Biotecnologia*, 6(17).
- Kras, R. V., Kessler, A. M., Ribeiro, A. M. L., Henn, J. Di., Santos I. I., Halfen, D. P. & Bockor, L. 2013. Effect of dietary fiber and genetic strain on the performance and energy balance of broiler chickens. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 15, 15-19.
- Lemuchi, M. O., Vieira, M.S., Granjeiro, P. A., Silva, J. A., Lima, W. J. N., Gonçalves, D. B. & Taranto, A. G. 2013. Uso de modelagem comparativa na determinação estrutural de fitase de *Yersinia*. *Biochemistry and Biotechnology Reports*, 2, 25-30.
- Liu, S. Y., Selle, P. H., Court, S. G. & Cowieson, A. J. 2013. Protease supplementation of sorghum-based broiler diets enhances amino acid digestibility coefficients in four small intestinal sites and accelerates their rates of digestion. *Animal Feed Science and Technology*, 183, 175-183.
- Magnago, J. G. P., Haese, D., Kill, J. L., Sobreiro, R. P., Del Puppo, D., Sant'anna, D. & Pimentel, R.B. 2015. Níveis de fitase sobre o desempenho, parâmetros ósseos e bioquímicos de suínos alimentados com ração de origem vegetal sem inclusão de fosfato bicálcico. *Ciência Rural*, 45, 1286-1291.

- Matias, C. F., Lara, L. J. C., Baião, N. C., Cardoso, D. M. & Baião, R. C. 2012. Utilização de farinhas de origem animal na avicultura. *Revista Eletrônica Nutritime*, 9(5), 1944-1964.
- Matias, C. F. Q., Rocha, J. S. R., Pompeu, M. A., Baião, R. C., Lara, L. J. C., Climaco, W. L. S., & Cardeal, P. C. 2015. Efeito da protease sobre o coeficiente de metabolizabilidade dos nutrientes em frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 67, 492-498.
- Mavromichalis, I. 2012. Mixed or single enzymes for non-starch carbohydrates. *All About Feed*, 25 -26.
- Miranda, L. M. B., Goulart, C. C., Leite, S. C. B., Batista, A. S. M. & Lima, R. C. 2017. Farelo de algodão em dietas com ou sem suplementação de enzimas para frango de corte. *Revista Ciência Agronômica*, 48, 690-699.
- Mitchell, H. L. 2012. *Comparative nutrition of man and domestic animals*. Elsevier.
- Nascimento, G. M., Leandro, N. S. M., Café, M. B., Stringhini, J. H., Andrade, M. A., Martinez, K. L. D. A. & Mascarenhas, A. G. 2014. Performance and intestinal characteristics of broiler chicken fed diet with glutamine in the diet without anticoccidials agents. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 15, 637-648.
- NRC, National Research Council. 1994. *Nutrient requirements of poultry* (9a ed.). National Academy of Sciences, Washington, US.
- Nosworthy, M. G. & House, J. D. 2016. Fatores que influenciam a qualidade das proteínas alimentares: Implicações para pulsos. *Cereal Chemistry*, 94, 49-57.
- Nunes, R. V., Broch, J., Polese, C., Eyng, C. & Pozza, P. C. 2015. Avaliação nutricional e energética da soja integral desativada para aves. *Revista Caatinga*, 28, 143-151.
- Oliveira, C. R. C., Ludke, M. C. M. M., Ludke, J. V., Lopes, E. C., Pereira, P. S. & Cunha, G. T. G. 2014. Physicochemical composition and energy values of fish silage meal for broilers. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 66, 933-939.
- Olukosi, O. A., Beeson, L. A., Englyst, K. & Romero, L. F. 2015. Efeitos de proteases exógenas sem ou com carboidrases sobre a digestibilidade de nutrientes e o desaparecimento de polissacarídeos não amiláceos em frangos de corte. *Poultry Science*, 94, 2662-2669.
- Opoku, E. Y., Classen, H. L. & Scott, T. A. 2015. Efeitos de destiladores de trigo grãos secos com solúveis com ou sem protease e β -mananase no desempenho de aves de galinha de peru. *Poultry Science*, 94, 207-214.
- Oxenboll, K. M., Pontopiddan, K. & Fru-NjI, F. 2011. Use of a Protease in poultry feed offers promising environmental benefits. *International Journal of Poultry Science*, 10, 842-848.
- Pereira, R., Menten, J. F. M., Romano, G. G., Silva, C. L. S., Zavarize, K. C. & Barbosa, N. A. A. 2012. Eficiência de uma fitase bacteriana na liberação de fósforo fítico em dietas de frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 64, 137-144.
- Pessôa, G. B. S., Tavernari, F. D. C., Vieira, R. A. & Albino, L. F. 2012. Novos conceitos em nutrição de aves. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 13, 755-774.
- Preto, A., Silva, L. P. D., Radünz Neto, J., Nunes, L. M. D. C., Freitas, I. L. D., Loureiro, B. B. & Santos, S. A. D. 2014. In natura or reduced antinutrients forms of crambe meal in the silver catfish diet. *Ciência Rural*, 44, 692-698.
- Rodríguez, M. L., Rebolé, A., Velasco, S., Ortiz, L. T., Treviño, J., & Alzueta, C. (2012). Wheat-and barley-based diets with or without additives influence broiler chicken performance, nutrient digestibility and intestinal microflora. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(1), 184-190
- Romero, L. F., Parsons, C. M., Utterback, P. L., Plumstead, P. W. & Ravindran, V. 2013. Comparative effects of dietary carbohydrases without or with protease on the ileal digestibility of energy and amino acids and AMEn in young broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 181, 35-44.
- Roosendaal, B. & Wahlstrom, A. 2016. Fatores limitantes para eficiência nutricional. *Produção de Avicultura Sustentável na Europa*, 31(112).
- Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Donzele, J. L., Oliveira, R. F., Barreto, S. L. T., Hannas, M. I., & Brito, C. O. 2017. *Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais de Aves e Suínos* (Tabelas Brasileiras) (4a ed.). UFV, Viçosa, BR.
- Ruis, M., Salvatori, R. U., Majolo, C. & Drebes, T. 2013. Número mais provável de salmonella

- sp. Em farinhas de origem animal. *Revista Destaques Acadêmicos*, 5(3), 41-47.
- Sakomura, N. K., Dourado, L. R. B. & Barbosa, N. A. R. 2014. Enzimas na nutrição de monogástricos. In: Sakomura, N. K., Silva, J. H. V., Costa, F. G. P., Fernandes, J. B. K. & Hauschild, L. *Nutrição de Não-Ruminantes* (466-484). Funep, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.
- Santos, F. R., Stringhini, J. H., Minafra, C. S., Almeida, R. R., Oliveira, P. R., Duarte, E. F. & Café, M.B. 2014. Formulação de ração para frangos de corte de crescimento lento utilizando valores de energia metabolizável dos ingredientes determinada com linhagens de crescimento lento e rápido. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 66, 1839-1846.
- Schone, R. A., Nunes, R. V., Frank, R., Eyng, C. & Castilha, L. D. 2017. Distiller's dried grains with solubles (DDGS) in feed for broilers (22-42 days). *Revista Ciência Agronômica*, 48, 548-557.
- Scottá, B. A., Albino, L. F. T., Brustolini, P. C., Gomide, A. P. C., Campos, P. F. & Rodrigues, V. V. 2016. Determinação da composição química e dos valores de energia metabolizável de alguns alimentos proteicos para frangos de corte. *Ciência Animal Brasileira*, 17, 501-508.
- Selle, P. H., Cadogan, D. J., Li, X. & Bryden, W. L. 2010. Implicações de sorgo na alimentação de frangos de frango. *Animal Feed Science and Technology*, 156, 57-74.
- Silva, D. M., Rodrigues, D. R., Gouveia, A. B. V. S., Mesquita, S. A., Santos, F. R., & Minafra, C. S. 2016. Carboidrases em rações de frangos de corte. *Pubvet*, 10, 795-872.
- Sinhorini, M. R. 2013. *Processo de produção de farinha de penas hidrolisadas: estudos de otimização do teor protéico e do valor de digestibilidade da proteína*, Universidade Tecnológica Federal do Paraná), 105p.
- Souza, P. M. D., Bittencourt, M. L.D. A., Caprara, C. C., Freitas, M. D., Almeida, R. P.C.D., Silveira, D. & Magalhães, P. O. 2015. Uma perspectiva de biotecnologia das proteases fúngicas. *Brazilian Journal of Microbiology*, 46, 337-346.
- Stefanello, C., Vieira, S. L., Carvalho, P. S., Sorbara, J. O. B. & Cowieson, A. J. 2016. Energy and nutrient utilization of broiler chickens fed corn soybean meal and corn - based diets supplemented with xylanase. *Poultry Science*, 0, 1-7.
- Tavernari, F. D. C., Bernal, L. E. P., Rostagno, H. S., Albino, L. F. T. & Vieira, R. A. 2014. Nutritional requirements of digestible methionine+ cystine for Cobb broilers. *Revista Ceres*, 61(2), 193-201.
- Troni, A. R., Gomes, P. C., Mello, H. H. D. C., Albino, L. F. T. & Rocha, T. C.D. 2016. Chemical and energy composition of broiler feeds. *Revista Ciência Agronômica*, 47, 755-760.
- Valadares, C. G., Santos, J.S., Lüdke, M. C. M., Lüdke, J. V., Silva, J. C. N. S. & Pereira, P. S. 2016. Determinação da energia metabolizável do farelo residual do milho com e sem enzima em dietas para frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 68, 748-754.
- Vieira, R. A., Albino, L. F. T., Hannas, M. I., Viana, G. S., Muniz, J. C. L., Silva, D. L. & Reis, J. V. C. 2014. Composição química e valores de energia metabolizável aparente corrigida de alguns alimentos energéticos determinados com frango de corte. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, 4, 75-83.
- Vieira, S. L., Stefanello, C. & Cemin, H. S. 2016. Reduzir os níveis de proteína da dieta pelo uso de aminoácidos sintéticos e pelo uso de uma protease mono-componente. *Animal Feed Science and Technology*, 221, 262-266.
- Zhang, L., Xu, J., Lei, L., Jiang, Y., Gao, F. & Zhou, G. H. 2014. Effects of Xylanase Supplementation on Growth Performance, Nutrient Digestibility and Non-starch Polysaccharide Degradation in Different Sections of the Gastrointestinal Tract of Broilers Fed heat based Diets. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 27, 855-861.

Recebido: 31 Mai., 2018.

Aprovado: 29 Jun., 2018

Publicado: 6 Ago., 2018.

Licenciamento: Este artigo é publicado na modalidade Acesso Aberto sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 (CC-BY 4.0), a qual permite uso irrestrito, distribuição, reprodução em qualquer meio, desde que o autor e a fonte sejam devidamente creditados.