

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO *CAMPUS* RIO VERDE.

DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**DIGESTIBILIDADE VERDADEIRA DE AMINOÁCIDOS E ENERGIA
METABOLIZÁVEL DE FARINHAS DE ORIGEM ANIMAL COM E
SEM A ADIÇÃO DE PROTEASE PARA FRANGOS DE CORTE.**

Autora: Júlia Marixara Sousa da Silva

Orientadora: Dr.^a Fabiana Ramos dos Santos

Rio Verde - GO

Setembro – 2017

**DIGESTIBILIDADE VERDADEIRA DE AMINOÁCIDOS E ENERGIA
METABOLIZÁVEL DE FARINHAS DE ORIGEM ANIMAL COM E SEM
A ADIÇÃO DE PROTEASE PARA FRANGOS DE CORTE.**

Autora: Júlia Marixara Sousa da Silva

Orientadora: Dr.^a Fabiana Ramos dos Santos

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *Campus* Rio Verde – Área de concentração Zootecnia.

Rio Verde - GO

Setembro – 2017

**DIGESTIBILIDADE VERDADEIRA DE AMINOÁCIDOS E ENERGIA
METABOLIZÁVEL DE FARINHAS DE ORIGEM ANIMAL COM E SEM
A ADIÇÃO DE PROTEASE PARA FRANGOS DE CORTE.**

Autora: Júlia Marixara Sousa da Silva

Orientadora: Dr.^a Fabiana Ramos dos Santos

Dissertação apresentada na formatação para publicação de artigo, conforme normas da Revista Colombiana de Ciências e Pecuária (*RCCP*).

Rio Verde - GO

Setembro – 2017

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

S586d Silva, Júlia Marixara Sousa da Silva
Digestibilidade verdadeira de aminoácidos e energia metabolizável de farinhas de origem animal com e sem adição de enzima proteolítica para frangos de corte. / Júlia Marixara Sousa da Silva Silva; orientadora Fabiana Ramos dos Santos; co-orientadora Cibele Silva Minafra. -- Rio Verde, 2017. 53 p.

Dissertação (Mestrado em Programa de Pós Graduação em Zootecnia) -- Instituto Federal Goiano, Câmpus Rio Verde, 2017.

1. Alimentos alternativos. 2. Avicultura. 3. Enzimas. 4. Nutrição animal. 5. Aproveitamento Nutricional. I. Ramos dos Santos, Fabiana, orient. II. Silva Minafra, Cibele, co-orient. III. Título.

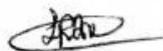
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**DIGESTIBILIDADE VERDADEIRA DE AMINOÁCIDOS E
ENERGIA METABOLIZÁVEL DE FARINHAS DE
ORIGEM ANIMAL COM E SEM A ADIÇÃO DE ENZIMA
PROTEOLÍTICA PARA FRANGOS DE CORTE**

Autora: Julia Marixara Sousa da Silva
Orientadora: Fabiana Ramos dos Santos

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia – Área de concentração Zootecnia
– Zootecnia e Recursos Pesqueiros.

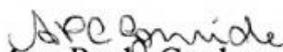
APROVADA em 29 de setembro de 2017.



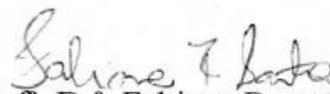
Prof. Dr. Francisco Ribeiro de Araujo
Neto
Avaliador externo
IF Goiano/RV



Prof^a. Dr^a. Cibele Silva Minafra
Avaliadora interna
IF Goiano/RV



Prof^a. Dr^a. Ana Paula Cardoso Gomide
Avaliadora interna
IF Goiano/RV



Prof^a. Dr^a. Fabiana Ramos dos
Santos
Presidente da banca
IF Goiano/RV

DEDICO,

Ao meu esposo Josemar Celestina da Silva, pelo simples fato de existir, pelo incentivo, confiança e amor que você sempre me proporcionou.

Aos meus filhos Jiovanna Gonçalves de Sousa e João Vitor Celestino de Sousa, que são exemplos em muitos momentos da minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e pela oportunidade concedida de poder sempre alcançar, de uma forma ou de outra, meus objetivos, iluminando meus passos e me dando forças nos momentos de angústias e dificuldades.

Ao meu esposo, pelo amor e confiança durante os meus longos anos de estudo. Obrigado por sempre me dar condições para atingir meus objetivos e realizar meus sonhos.

Aos meus filhos, os maiores presentes que recebi na vida, pois vocês são duas bênçãos com que Deus me abençoou. Vocês são os diamantes raros e únicos do meu tesouro, o meu sonho tornado realidade a maior realização da minha vida.

Ao Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde, pela oportunidade de realizar este estudo.

À orientadora e amiga Professora Dra. Fabiana Ramos dos Santos, pela confiança em meu trabalho. Meu muito obrigado pela oportunidade, confiança, conselhos e ensinamentos dedicados, sem os quais não seria possível a realização deste trabalho.

À Professora Dra. Cibele Silva Minafra, pela coorientação e, sobretudo, pelo auxílio, ensinamentos, amizade, atenção e imensa paciência que teve comigo durante todos esses anos de convivência. Sempre me estimulando e apoiando em todas as tarefas e acontecimentos. Sem dúvida nenhuma, sem sua colaboração não teria sido possível chegar até aqui.

Ao meu amigo Dr. Rodolfo Alves Vieira, pelos conselhos e opiniões, sempre disposto a contribuir com esta pesquisa.

Ao meu amigo Ronan Omar dos Santos, pela amizade, companheirismo e momentos de conhecimentos compartilhados.

Às empresas BRF, ADISSEO e PANTENSE, em especial aos meus amigos Ronan Omar, Marcio Ceccatini e Fabricio Mota, pelo apoio e fornecimento de insumos e análises de aminoácidos para a realização dessa pesquisa. Muito obrigado por mais essa parceria!

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, a todos os professores, pelos ensinamentos e oportunidades.

Aos demais colegas de Mestrado Janine, Jessika, Ruthele, Weslane, Allison, Nayane e Sabina, pelos momentos vividos durante esse período.

Aos bolsistas, estagiários de Graduação em Zootecnia e a todos que contribuíram na realização dos experimentos, em especial, Maura e Fábio.

A todos os que colaboraram direta ou indiretamente na realização deste trabalho, o meu muito obrigado!

“Não sei se estou perto ou longe demais, se peguei o rumo certo ou errado. Sei apenas que sigo em frente, vivendo dias iguais de forma diferente. Já não caminho mais sozinho, levo comigo cada recordação, cada vivência, cada lição. E, mesmo que tudo não ande da forma como eu gostaria, saber que já não sou o mesmo de ontem me faz perceber que valeu a pena”.

Autor desconhecido

Sumário

Capitulo 1 – Revisão de Literatura.....	14
1- INTRODUÇÃO	14
1.2.1 - Farinhas de origem animal.....	16
1.2.2- Enzimas na nutrição animal	19
1.2.3 - Sistema de energia para aves	23
1.2.4 - Coeficientes de digestibilidade de aminoácidos e aproveitamento de energia	26
Referências.....	36
Capítulo 2	37
2.1 – INTRODUÇÃO	37
2.2 - MATERIAL E MÉTODOS	38
Ensaio 1: Determinação da Energia Metabolizável.	38
Ensaio 2: Digestibilidade ileal verdadeira de aminoácidos.....	41
2.3 - RESULTADOS.....	43
2.4- DISCUSSÃO	45
2.5 – CONCLUSÃO	49
2.6 - Referências.....	49

Índice de figura

Figura 1- Fluxo de produção tradicional de farinhas de origem animal	18
----------------------------------------------------------------------------	----

Índice de tabelas

Tabela 1 – Composição centesimal e níveis nutricionais da ração referência	39
Tabela 2 – Composição centesimal da dieta isenta de proteína	42
Tabela 3 - Composição proximal química e aminoacídica das farinhas de carne e ossos bovinos (FCOB), víscera de aves (FVA) e vísceras suínas (FVS).	43
Tabela 4 - Energia Metabolizável Aparente (EMA), Energia Metabolizável Aparente Corrigida para o Balanço de Nitrogênio (EMAN) de farinhas de origem animal para frangos de corte na fase inicial, com base na matéria seca.	44
Tabela 5 - Coeficientes de Metabolização de Energia Bruta (CMAEB) e Coeficientes de Metabolização Aparente da matéria seca (CMAMS) de farinhas de origem animal para frangos de corte na fase inicial, com base na matéria seca.	44
Tabela 6 - Coeficiente de digestibilidade ileal verdadeira (CDIV) de farinhas de origem animal com e sem adição de protease para frangos de corte.....	45

Lista de abreviações e símbolos

AAFCO	<i>American Association of Feed Control Officials</i>
ABPA	Associação Brasileira de Proteína Animal
ABRA	Associação Brasileira de Reciclagem Animal
BN	Balanço de Nitrogênio
BSE	Encefalite Espongiforme Bovina
CAI	Cinza Ácida Insolúvel
CDIapAA	Coeficiente de Digestibilidade Aparente de Aminoácidos
CDIpAA	Coeficiente de Digestibilidade Padronizada de Aminoácidos
CDIvAA	Coeficiente de Digestibilidade Verdadeira de Aminoácidos
CMA	Coeficientes de Metabolização Aparente
CMAEB	Coeficientes de Metabolização Aparente Energia Bruta
CMAPB	Coeficientes de Metabolização Aparente Proteína Bruta
CMAMS	Coeficientes de Metabolização Aparente Matéria Seca
DIP	Dieta isenta de proteína
EB	Energia Bruta
EBing	Energia Bruta Ingerida
EBexc	Energia Bruta Excretada
ED	Energia Digestível
EE	Estrato Etéreo
EL	Energia Líquida
EMA	Energia Metabolizável Aparente
EMAn	Energia Metabolizável Aparente corrigida para o balanço de nitrogênio
EMV	Energia Metabolizável Verdadeira
FCOB	Farinha de Carne e Ossos Bovinos
FOA	Farinha de Origem Animal
FRM	Farelo Residual de Milho
FS	Farinha de Sangue
FVA	Farinha de Víscera de Aves
FVS	Farinha de Víscera Suína
FPH	Farinha de Pena Hidrolisada
HPLC	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência

IN	Instrução Normativa
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
MM	Matéria Mineral
MS	Matéria Seca
Nexc	Nitrogênio Excretado
NRC	Nutrient Reserch Council
Ning	Nitrogênio Ingerido
Nut exc	Nutriente Excretado
Nut ing	Nutriente Ingerido
PB	Proteína Bruta
PEBaa	Perdas Endógenas Basais de Aminoácidos
RT	Ração Teste
RR	Ração Referência
SIF	Serviço de Inspeção Federal
TGI	Trato Gastrintestinal

RESUMO

Antecedentes: 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. **Objetivo:** avaliar o efeito da adição de protease sobre a digestibilidade de nutrientes e metabolização da energia de farinhas de origem animal (FOA) em frangos de corte. **Métodos:** Foram conduzidos dois ensaios utilizando 480 pintos da linhagem Cobb500. Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 2 (três farinhas de origem animal (FOA): farinha de vísceras de aves (FVA), farinha de vísceras suínas (FVS) e farinha de carne e ossos bovina (FCOB) e uma dieta referência, com e sem adição de protease, com 6 repetições, com 10 animais por unidade experimental. Ensaio1: feito com aves dos 13 a 20 dias de idade, utilizando o método da coleta total de excretas com substituição da ração referência por 25% das FOA. Ensaio 2: feito com aves dos 21 a 25 dias de idade, para determinação do coeficiente de digestibilidade verdadeira de aminoácidos, utilizando uma DIP, dieta isenta de proteína, e três dietas teste, com adição de 25% dos alimentos testados em substituição ao amido. Em todos os tratamentos, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. **Resultados:** A adição da protease incrementou em 15,99% a EMAn da FVS. A inclusão de protease apresentou efeito positivo sobre o CMAMS da FCOB. A inclusão da protease nas FOA proporcionou aumento de 5,7% no CMAEB das FOA testadas. Houve aumento de 5,67% no CDIV para aminoácidos essenciais com a adição da enzima proteolítica nas FOA, exceto para histidina e fenilalanina. **Conclusão:** Conclui-se que a adição da protease foi eficiente em melhorar a EMAn na FVS, o CMAEB de todas as FOA, o CMAMS da FCOB e na CDIV da maioria dos aminoácidos essenciais e não essenciais.

Palavras chave: *Alimentos alternativos; Avicultura; Enzimas; Nutrição animal; Aproveitamento Nutricional.*

ABSTRACT

Background: Enzyme supplementation promote benefits to ingredients' digestion and absorption, and its addition in animal origin flour can improve the nutritional quality of the animal food and consequently the chickens' performance. **Objective:** This paper aims to evaluate the effect of protease addition on nutrient digestibility and energy metabolism of animal origin flour (AOF) in broiler chickens. **Methods:** Two trials were carried out using 480 chicks belonging to Cobb500 lineage. The animals were distributed in a completely randomized design in 4 x 2 factorial scheme, composed by three animal origin flour (AOF): (1) poultry viscera flour (PVF); (2) swine viscera flour (SVF); and (3) bovine meat and bone flour (BMBF), and a reference diet with and without protease addition, with six replicates and ten animals per experimental unit. Experiment 1: It was carried out with chickens from 13 to 20 days old, using the total excreta collection method with substitution of the reference diet by 25% of the AOF. Experiment 2: It was carried out with chickens from 21 to 25 days old to determine the true digestibility coefficient of amino acids, using a protein-free diet (PFD) and three test diets, adding 25% of the tested food as starch substitute. In all treatments, data were submitted to analysis of variance and the means were compared by the Tukey test at 5% significance. **Results:** Protease addition increased the apparent metabolizable energy corrected for nitrogen (AMEn) of SVF by 15.99%. The protease inclusion showed a positive effect on coefficient of apparent metabolism of dry matter (CAMDM) of BMBF. The protease inclusion in AOF provided an increase of 5.7% in the coefficient of apparent metabolism of gross energy (CAMGE) of the tested AOF. There was an increase of 5.67% in coefficient of true ileal digestibility (CTID) for essential amino acids with the addition of the proteolytic enzyme in AOF, except for histidine and phenylalanine. **Conclusion:** It was concluded that protease addition was efficient in improving AMEn in SVF, CAMGE of all AOF, CAMDM of BMBF, and in CTID of most essential and non-essential amino acids.

Keywords: Alternative foods. Poultry farming. Enzymes. Animal nutrition. Nutritional use.

Capítulo 1 – Revisão de Literatura

1- INTRODUÇÃO

Os coprodutos de origem animal são muito utilizados na nutrição animal como fontes de proteínas em substituição a outros alimentos convencionais. Entre estes coprodutos agroindustriais, podemos citar a farinha de carne e ossos, a farinha de ossos e a farinha de vísceras e o soro de leite. As farinhas de origem animal (FOA) são importantes fontes de cálcio, fósforo, aminoácidos e energia.

Assim, no momento em que a demanda por frangos de corte produzidos de maneira sustentável se torna crescente no Brasil e no mundo, o aproveitamento de coprodutos de origem animal na dieta destes animais 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).

As enzimas são eficientes catalisadores biológicos, e seu emprego possibilita melhorar a digestibilidade dos nutrientes, o que favorece o aproveitamento do fósforo, cálcio, aminoácidos e energia, refletindo na melhor eficiência produtiva e economia no custo final da alimentação, além de possibilitarem benefícios ao meio ambiente (Alves-Campos et al., 2017).

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). Autores relataram ainda que o ganho de peso e a conversão alimentar foram melhores com o uso dos complexos enzimáticos (Nunes et al., 2015), com aumento no rendimento de peito e asas de frangos de corte (Dalólio et al., 2016).

Neste contexto, Carvalho et al. (2012), avaliando dietas à base de milho e soja para frangos de corte, com substituição parcial de farinhas de origem animal, com adição ou não da

enzima protease, concluíram que a utilização da farinha de origem animal para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade se mostrou vantajosa, uma vez que os tratamentos que receberam farinhas de origem animal em sua composição apresentaram um melhor ganho de peso e menor consumo de ração e que a suplementação da enzima protease melhorou a viabilidade.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a digestibilidade verdadeira de aminoácidos e energia metabolizável de farinha de vísceras de aves, farinha de vísceras suínas e farinha de carne e osso bovina, com e sem adição de enzima proteolítica, para frangos de corte.

1.2. REVISÃO DA LITERATURA

1.2.1 - 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 oócitos, 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; Geraldles, 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 (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 (Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos, 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).

A Figura 1 mostra o processo básico de produção de farinhas de origem animal.

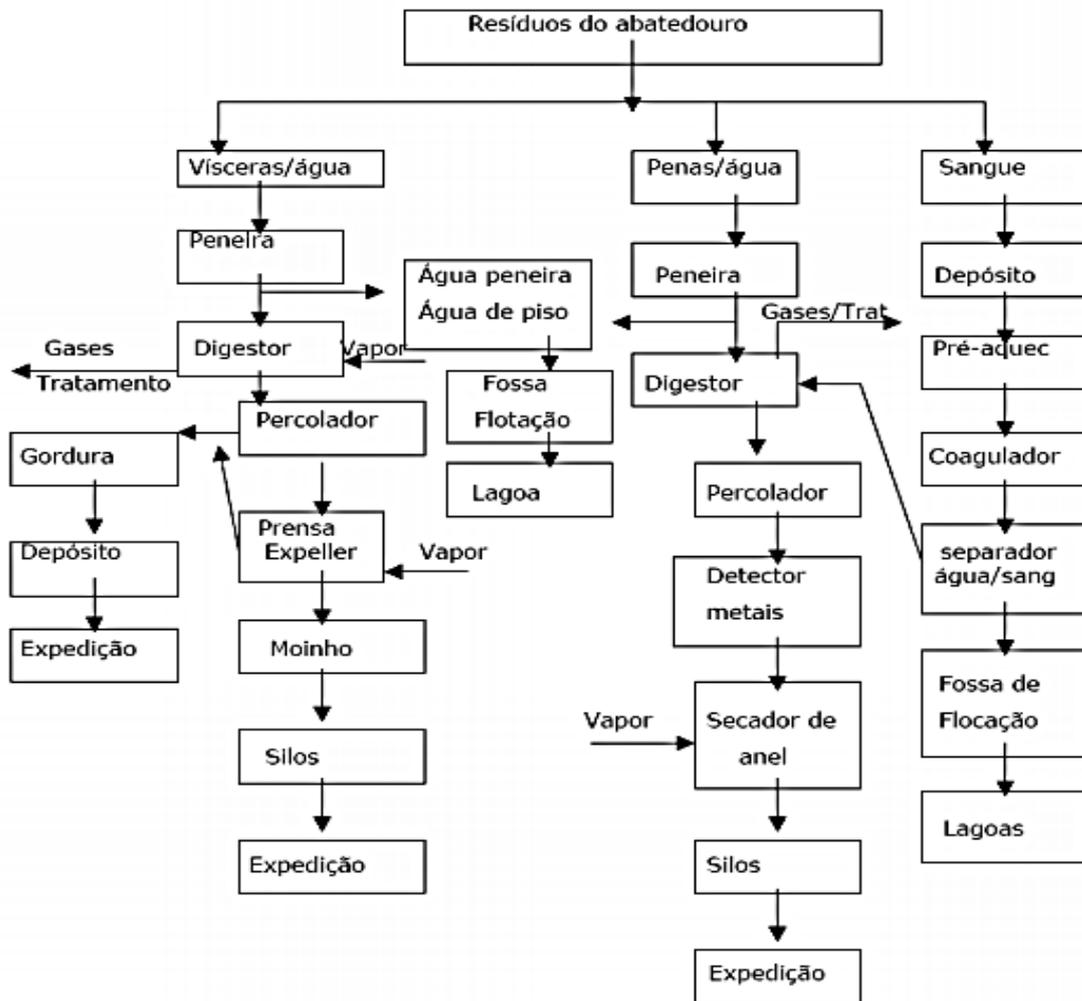


Figura 1- Fluxo de produção tradicional de farinhas de origem animal

Fonte: Pacheco (2006).

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 (Bellaver, 2004).

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 et al., 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., 2014).

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).

1.2.2- 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 (Krabbe & Lorandi, 2014).

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 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., 2015, 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.

Segundo Araújo et al. (2007), 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 aminoacídicos 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 subdividas 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). Lemme et al., (2004) concluíram, 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 (Sousa 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 lectinas, 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).

Brito et al. (2006) observaram melhora de 6% na 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).

1.2.3 - 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 varias 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 (Emmans, 1994).

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 (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.

1.2.4 - Coeficientes 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 (BRASIL, 2009).

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 (Pêsoa, 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 (Borges et al., 2005).

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 (Furuya et al., 2001; Araujo et al., 2004). 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.

REFERÊNCIAS

Carvalho CMC, Fernandes EA, Carvalho AP, Caires RM, Fagundes NS; Uso de farinhas de origem animal na alimentação de frangos de corte; revista portuguesa de ciências veterinárias, (2012) 107 (581-582) 69-73.

Geraldes, André. A Reciclagem Animal diante da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Revista Graxaria Brasileira: Reciclagem Animal, São Paulo: Stilo, ano 7, ed. 39, maio/jun. 2014.

Tavernari, FDC, Bernal, LEP, Rostagno HS, Albino LFT & Vieira RA (2014). Nutritional requirements of digestible methionine+ cystine for cobb broilers. *Revista Ceres*, 61(2), 193-201.

Alves-Campos CF, Rodrigues KF, Vaz RGMV, Giannesi GC, da Silva GF, Parente IP & Araújo CC (2017). Enzimas fúngicas em dietas com alimentos alternativos para frangos de crescimento lento. *DESAFIOS*, 4(2), 35-53.

Selle PH, Cadogan DJ, Li X & Bryden WL (2010). Implicações de sorgo na alimentação de frangos de frango. *Animal Feed Science and Technology*, 156 (3), 57-74.

Stefanello C, Vieira SL, Carvalho PS, Sorbara JOB, Cowieson AJ. Energy and nutrient utilization of broiler chickens fed corn soybean meal and corn - based diets supplemented with xylanase - *Poultry Science*, v.0, p.1-7, 2016.

Valadares CG, Santos JS, Lüdke MCM, Lüdke JV, Silva JCNS & Pereira PS (2016). Determinação da energia metabolizável do farelo residual do milho com e sem enzima em dietas para frangos de corte. *Arq. bras. med. vet. zootec*, 748-754.

Zhang L, Xu J, LEI L, Jiang Y, Gao F, Zhou GH. 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*, v. 27, n.6 p. 855- 861, 2014.

Pereira R, Menten JFM, Romano GG, Silva CLS, Zavarize KC, Barbosa NAA. Eficiência de uma fitase bacteriana na liberação de fósforo fítico em dietas de frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* v. 64, n.1, p. 137-144, 2012.

Nunes RV, Broch J, Polese C, Eyng C & Pozza PC (2015). Avaliação nutricional e energética da soja integral desativada para aves. *Revista Caatinga*, 28(2), 143-151.

Dalólio FS, Albino LFT, Rostagno HS, Silva DLD, Júnior X, Lucas M & Oliveira VDD (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 (5), 565-576.

ABRA. Diagnóstico da indústria brasileira de reciclagem animal. 2016. Disponível em: 05.09.2017. Acesso em: [http://abra.ind.br/views/download/II diagnostico da industria brasileira de reciclagem animal .pdf](http://abra.ind.br/views/download/II_diagnostico_da_industria_brasileira_de_reciclagem_animal.pdf).

BRASIL. Instrução Normativa nº 15 de 2 de outubro de 2003. Regulamento técnico sobre as condições Higiênico-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), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), Brasília, 2003.

Amorim AF, da Silva GF, Rodrigues KF, de Sousa JPL & Soares JAR. (2015). Subprodutos utilizados na alimentação de frangos de corte. PUBVET, 9, 195-251.

COMPÊNDIO Brasileiro De Nutrição Animal. 3.ed. São Paulo: Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal, 2009. 204p.

Oliveira CRC, Ludke MCOMM, Ludke JV, Lopes EC, Pereira PS & Cunha GTG (2014). Physicochemical composition and energy values of fish silage meal for broilers. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 66(3), 933-939.

Ruis M, Salvatori RU, Majolo C & Drebes T. (2013). NÚMERO MAIS PROVÁVEL DE SALMONELLA SP. EM FARINHAS DE ORIGEM ANIMAL. Revista Destaques Acadêmicos, 5(3).

Aguiar GPS, Limberger GM & Silveira EL (2014). Alternativas tecnológicas para o aproveitamento de resíduos provenientes da industrialização de pescados. Revista eletrônica interdisciplinar, 1(11).

Rostagno HS, Albino LFT, Donzele JL, Oliveira RF, Barreto SLT, Hannas MI, Sakamura NK, Perazzo FG, Saraiva A, Abreu MLT, Rodrigues PB, Brito CO. Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais de Aves e Suínos (Tabelas Brasileiras), 4ª. Edição. Viçosa: UFV – Departamento de Zootecnia, 2017.

Amaral MT, Aparício GKDS, Souza PLD & Santos ÂMLD (2017). Aplicação de técnicas 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(1), 3708-3721.

Pacheco, José Wagner. Guia técnico ambiental de graxais / São Paulo : CETESB, 2006. 80p.

Bellaver C & Zanotto DL (2004). Parâmetros de qualidade em gorduras e subprodutos proteicos de origem animal. In CONFERÊNCIA APINCO.

Ferrolli PCM & Librelotto LI (2011). Integração da sustentabilidade em ferramenta projetual: FEAP-SUS. *Revista Produção Online*, 11(2), 447-475.

Matias CF, Lara LJC, Baião NC, de Moraes Cardoso D & Baião RC. UTILIZAÇÃO DE FARINHAS DE ORIGEM ANIMAL NA AVICULTURA, 2012.

Fujihara RI, de Vargas Schons S, Elvino E & Stachiw (2015). Produção de farinha de carne e ossos: regulamentações sanitárias e ambientais. *Revista Brasileira de Ciências da Amazônia/Brazilian Journal of Science of the Amazon*, 3(1), 1-14.

Beski SS, Swick RA & Iji PA (2015). Produtos proteicos especializados em nutrientes para frangos de frango: uma revisão. *Nutrição animal*, 1 (2), 47-53.

AAFCO, 2006. Official publication AAFCO, ISBN 1-878341-18-9, 457 p.

Krabbe EL & Lorandi S (2014). Atualidades e tendências no uso de enzimas na nutrição de aves. In VI congresso latino-americano de nutrição animal.

Aspevik T, Oterhals Å, Rønning SB, Altintzoglou T, Wubshet SG, Gildberg A & Lindberg D (2017). Valorização de Proteínas de Co-e Subprodutos da Indústria de Peixe e Carne. *Tópicos em Química atual*, 375 (3), 53.

Magnago JGP, Haese D, Kill JL, Sobreiro RP, Del Puppo D, Sant'anna D & Pimentel RB (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(7), 1286-1291.

Matias CFQ, Rocha JSR, Pompeu MA, Baião RC, Lara LJC, Climaco WLS, Pereira LFP, Caldas EO, Teixeira MPF, Cardeal PC. Efeito da protease sobre o coeficiente de metabolizabilidade dos nutrientes em frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.67, n.2, p.492-498, 2015.

Scottá BA, Albino LFT, Brustolini PC, Gomide APC, Campos PF & Rodrigues VV (2016). Determinação da composição química e dos valores de energia metabolizável de alguns alimentos proteicos para frangos de corte. *Ciência Animal Brasileira*, 17 (4), 501-508.

BRASIL, 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 de 2017.

Barbosa NAA, Bonato MA, Sakomura NK, Dourado LRB, Fernandes JBK & Kawauchi IM (2014). Digestibilidade ileal de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com enzimas exógenas/Ileal digestibility of broilers fed diets supplemented with exogenous enzymes. *Comunicata Scientiae*, 5(4), 361.

Gewehr CE, Rosniecek M, Follmann DD, Cezaro AMD, Gerber MS & Schneider AF (2014). Multienzyme complex and probiotics in broiler diet. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 15(4), 907-916.

Mavromichalis I. 2012. Mixed or single enzymes for non-starch carbohydrates? *All About Feed*, Sept., 25 -26.

Romero LF, Parsons CM, Utterback PL, Plumstead PW & 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. *Anim. Feed Sci. Technol.* 181:35–44.

Araújo JA, da Silva JHV, de Lima Amâncio AL, de Lima MR & Lima CB (2007). Uso de aditivos na alimentação de aves. *Acta Veterinária Brasília*, 1(3), 69-77.

Oxenboll KM, Pontopiddan K, Fru-NjI F. Use of a Protease in poultry feed offers promising environmental benefits. *International Journal of Poult. Sci.* 2011; 10 (11): 842-848.

Angel CR, Saylor W, Vieira SL & Ward N. 2011. Effects of a monocomponent protease on performance and protein utilization in 7- to 22-day-old broiler chickens. *Poult. Sci.* 90:2281–2286.

Souza PMD, Bittencourt MLDA, Caprara CC, Freitas MD, Almeida RPCD, Silveira D & Magalhães PO (2015). Uma perspectiva de biotecnologia das proteases fúngicas. *Brazilian Journal of Microbiology* , 46 (2), 337-346.

Freitas DM, Vieira SL, Angel CR, Favero A & Maiorka A. 2011. Performance and nutrient utilization of broilers fed diets supplemented with a novel monocomponent protease. *J. Appl. Poult. Res.* 20:322–334

Lemme A, Ravindran V, Bryden WL (2004). Ileal digestibility of amino acids in feed ingredients for broilers. *Worlds Poult. Sci. J.* 60:423–438

Opoku EY, Classen HL & Scott TA (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 (2), 207-214.

Lemuchi MO, Vieira MS, Granjeiro PA, da Silva JA, Lima WJN, Gonçalves DB & Taranto AG (2013). Uso de modelagem comparativa na determinação estrutural de fitase de *Yersinia*. *BBR-Biochemistry and Biotechnology Reports*, 2(1), 25-30.

Liu SY, Selle PH, Court SG & Cowieson AJ (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(3), 175-183.

Silva DM, Rodrigues DR, Gouveia ABVS, Mesquita SA, dos Santos FR & Minafra CS (2016). Carboidrases em rações de frangos de corte. *PUBVET*, 10, 795-872.

Vieira SL, Stefanello C & Cemin HS (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.

Schone RA, Nunes RV, Frank R, Eyng C & Castilha LD (2017). Distiller's dried grains with solubles (DDGS) in feed for broilers (22-42 days). *Revista Ciência Agronômica*, 48(3), 548-557.

Gomes VDS, da Silva JHV, Cavalcanti CR, da Fonseca SB, Jordão Filho J, da Silva Neto MR & da Silva FB (2017). Utilização de enzimas exógenas na nutrição de peixes-revisão de literatura. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*, 19(4).

Olukosi, OA, Beeson, LA, Englyst, K. e Romero, LF (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 (11), 2662-2669.

Brito CO, Albino LFT, Rostagno HS, Gomes PC, Dionizio MA & Carvalho DCO (2006). Adição de complexo multienzimático em dietas à base de soja extrusada e desempenho de pintos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(2), 457-461.

Vieira RA, Albino LFT, Hannas MI, da Silva Viana G, Muniz JCL, da Silva DL & Reis JVC (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(2).

Frank R, Nunes RV, Schone RA, Pires Filho IC, Silva IM & Castilha LD (2016). Determinação dos valores energéticos e aminoacídicos da silagem de grãos úmidos de milho para frangos de corte. *Archivos de zootecnia*, 65(249), 103-106.

Sakomura NK, Dourado LRB, Barbosa NAR. Enzimas na nutrição de monogástricos. In: Sakomura NK, Silva JHV, Costa FGP, Fernandes JBK, Hauschild L. *Nutrição de Não-Ruminantes*, Jaboticabal: Funep, 2014. p. 466-484.

Fernandes JIM, Contini JP, Prokoski K, Gottardo ET, Cristo AB & 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(1), 181-190.

Andrade RC, Lara LJC, Pompeu MA, Cardeal PC, Miranda DJA & Baião NC (2016). Avaliação da correção da energia pelo balanço de nitrogênio em alimentos para frangos de corte. *Arq. bras. med. vet. zootec*, 497-505.

Kras RV, Kessler AM, Ribeiro AML. Effect of dietary fiber and genetic strain on the performance and energy balance of broiler chickens. *Rev. Bras.Cienc.Avic.*, v.15, p.15-19, 2013.

Emmans GC. Effective energy: a concept of energy utilization applied across species. *The British journal of nutrition*, v. 71, p. 801–821, 1994.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 1994. Nutrient requirements of poultry. 9.ed. Washington: National Academy of Sciences. 155 p.

Miranda LMB, de Castro Goulart C, Leite SCB, Batista ASM & Lima RC (2017). Farelo de algodão em dietas com ou sem suplementação de enzimas para frango de corte. *Revista Ciência Agronômica*, 48(4), 690.

Santos FR, Stringhini JH, Minafra CS, Almeida RR, Oliveira PR, Duarte EF & Café MB (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. *Arq. bras. med. vet. zootec*, 1839-1846.

Abreu ARC & Lara LJC. Energia na alimentação de frangos de corte. 2014. *Avicultura Industrial*, 105(7):44-48.

Koch KM, Thaler RC, Baidoo SK, Levesque CL & Bott RC (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 (1), 17.

Broch J, Tavares Escocard de Oliveira N, Vianna Nunes R, Henz JR, Mara da Silva I, Frank R, & Schone RA (2015). Chemical composition and energetic values of wheat and its sub-products for broiler chicken. *Semina: Ciências Agrárias*, 36(5).

Nascimento GM, Leandro NSM, Café MB, Stringhini JH, Andrade MA, Martinez KLDA & Mascarenhas AG (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(3), 637-648.

Pessoa GBS, Tavernari FDC, Vieira RA & Albino LF (2012). Novos conceitos em nutrição de aves. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 13(3).

Roosendaal B & Wahlstrom A (2016). Fatores limitantes para eficiência nutricional. *Produção de Avicultura Sustentável na Europa*, (31), 112.

Borges FM, Rostagno HS, do Prado Saad CE, Lara LB & Teixeira EA (2005). Efeito do nível de ingestão sobre a digestibilidade dos aminoácidos em frangos de corte. *Ciênc. agrotec.*, 29(2).

Agustini MA, Vianna Nunes R, Lopes da Silva Y, Medeiros Vieites F, Eyng C, Calderano AA & Gomes PC (2015). Coeficiente de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis verdadeiros de diferentes cultivares de milho para aves. *Semina: Ciências Agrárias*, 36(2).

Furuya WM, Pezzato LE, Pezzato AC, Barros MM & Miranda ECD (2001). Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 1143-1149.

Gomes PC, Generoso RAR, Rostagno HS, Albino LFT, Brumano G & Mello HHC (2010). Valores de aminoácidos digestíveis de alimentos para aves. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(6), 1259-1265.

Pretto A, Silva LPD, Radünz Neto J, Nunes LMDC, Freitas ILD, Loureiro BB & Santos SAD (2014). In natura or reduced antinutrients forms of crambe meal in the silver catfish diet. *Ciência Rural*, 44(4), 692-698.

Nosworthy MG & House JD (2016). Fatores que influenciam a qualidade das proteínas alimentares: Implicações para pulsos. *Cereal Chemistry*, 94 (1), 49-57.

Troni AR, Gomes PC, Mello HHDC, Albino LFT & Rocha TCD (2016). Chemical and energy composition of broiler feeds. *Revista Ciência Agronômica*, 47(4), 755-760.

Capítulo 2

2.1 – INTRODUÇÃO

Um dos principais entraves na produção de frangos de corte é o alto custo dos alimentos, que podem chegar a 70% dos custos totais da atividade. Uma estratégia para contornar esse problema é o uso de alimentos alternativos que permitam o bom desempenho animal, desde que sejam economicamente viáveis e ambientalmente corretos. Porém, para a devida formulação das rações, é importante saber a composição química, a disponibilidade dos nutrientes, a concentração energética bem como ter conhecimento do aproveitamento desses nutrientes pelo organismo das aves (Oliveira et al., 2014).

As farinhas de origem animal são importantes fontes de cálcio, fósforo, aminoácidos e energia, entretanto, a falta da padronização no processo de fabricação pode ser um inconveniente para o uso, por acarretar variações nos teores dos nutrientes e da energia (Gaylord et al., 2017). Ressalta-se que a utilização de coprodutos da indústria avícola é importante na redução do preço final da ração, além de fornecer um destino adequado aos resíduos gerados pelas indústrias energéticas e abatedouros (Eyng et al., 2010).

As proteases exógenas são enzimas utilizadas nas rações para poupar a produção endógena, melhorar a digestibilidade e reduzir os custos de produção. As proteases constituem a família das hidrolases, responsáveis pela catálise das ligações peptídicas entre os aminoácidos das proteínas. São enzimas endógenas e podem ser classificadas como endopeptidases ou exopeptidases (Kidric & Sabotic, 2014).

De acordo com Krabbe (2012), a adição de proteases em dietas avícolas apresenta ações potenciais como aumentar a produção endógena de peptidase, reduzindo a necessidade de aminoácidos e energia, por melhorar a digestibilidade da proteína dietética, além de hidrolisar os antinutrientes da proteína (lecitinas ou inibidores de tripsina), melhorando a eficiência com que a ave utiliza os aminoácidos, conseqüentemente, reduzindo o turnover proteico.

É consenso entre os nutricionistas que o conhecimento do conteúdo energético e dos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos proporciona atendimento das exigências nutricionais das aves e redução dos custos das rações (Troni et al., 2016). Assim, a quantificação do aproveitamento nutricional das FOA com a adição de enzimas proteolíticas pode ser um dado relevante para a indústria avícola, possibilitando a inclusão de maiores níveis de FOA na dieta, tornando a cadeia produtiva mais sustentável econômica e ambientalmente.

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi determinar os valores energéticos e de aminoácidos digestíveis das FOA (farinhas de vísceras de aves, de vísceras suínas e de carne e osso) com e sem adição de enzima proteolítica.

2.2 - MATERIAL E MÉTODOS

Ensaio 1: Determinação da Energia Metabolizável.

O experimento foi conduzido nas instalações do setor de avicultura do Instituto Federal Goiano, *Campus* Rio Verde, Goiás, localizado na latitude 17°48'28"S e longitude 50°53'57"O, com altitude média de 720 metros e relevo suave ondulado (6% de declividade). O clima da região é classificado como tropical, com precipitação nos meses de outubro a maio e seca nos meses de junho a setembro. A temperatura média anual varia de 20 a 35 °C e as precipitações variam de 1.500 a 1.800 mm anuais. O protocolo experimental foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais/CEUA, inscrito sob o número 7089010616.

Para determinação dos coeficientes de metabolização dos nutrientes e da energia metabolizável dos ingredientes, os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 2 (três diferentes farinhas de origem animal e um tratamento como ração referência, com e sem o uso da enzima proteolítica), com 6 repetições, com 10 animais por unidade experimental.

Foram utilizados 480 frangos de corte machos da linhagem comercial Cobb 500. Os pintos foram transportados do incubatório de uma empresa local para o aviário experimental do Instituto Federal Goiano, com peso médio de 50g. Antes da chegada do lote, o galpão, as gaiolas experimentais e os equipamentos foram lavados, desinfetados e deixados em vazio sanitário por um período de 15 dias.

Durante o período de 1 a 12 dias de vida, as aves foram criadas em piso sobre cama de maravalha e o manejo diário foi feito segundo as recomendações do manual da linhagem. A iluminação foi constante por meio de lâmpadas incandescentes em cada unidade experimental. No período experimental, a temperatura média variou entre 13 a 36 °C e 15 a 90% de umidade relativa do ar (UR).

No 13º dia de vida, as aves com peso médio de 511g foram transferidas para gaiolas de metabolismo na dimensão de 0,90m de comprimento x 0,60m de largura x 0,40m de altura cada. As aves receberam água e ração à vontade durante todo o período experimental, sendo os comedouros supridos de ração duas vezes ao dia para diminuir o desperdício.

Os ingredientes avaliados foram às farinhas de vísceras de aves (FVA), de vísceras suínas (FVS) e de carne e osso (FCOB). Foram utilizados 200g/tonelada da enzima Ronozyme Proact[®] com inclusão “on top”. Esta enzima é uma protease produzida da fermentação de *Bacillus licheniformis*, contendo genes transcritos de *Nocardiaopsis prasina*. A atividade enzimática para esta enzima é definida pela quantidade de enzima necessária pra degradar 1 μmol de p-nitroaniline a partir de 1 μM do substrato (Suc-Ala-Ala-Pro-Phe-N-succinyl Ala-Ala-Pro-Phe-p-nitroanilide) por minuto, em um pH de 9,0 e 37° C. O Produto utilizado tem 75000 unidades de protease/g de enzima.

Os coeficientes de metabolização aparente da matéria seca (CMAMS), da energia bruta (CMAEB), a energia metabolizável aparente (EMA) e a energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio igual a zero (EMAn) foram determinadas pelo método de coleta total de excretas (Sakomura e Rostagno, 2007). Para tal, foi utilizada uma ração referência à base de milho e farelo de soja, Tabela 1, e três rações teste, nas quais as farinhas substituíram 25% da ração referência em base de matéria natural.

Tabela 1 – Composição centesimal e níveis nutricionais da ração referência

Alimento	%
Milho	73.911
Farelo de Soja	22.368
Fosfato Bicálcio	1.609
Calcário	0.926
Sal	0.481
DL- Methionina%	0.146
L- Lysina Hcl	0.168
L- Threonina %	0.001
Premix Mineral ¹	0.110
Premix Vitamínico ²	0.110
Cloreto de Colina 60%	0.100
Coccidiostático (Colistina)	0.055
BHT	0.010
Antibiótico (Nircabazina)	0.005
Soma	100.00
Valores Calculados	
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3000
Proteína Bruta (%)	24.45
Cálcio (%)	0.819
Fósforo Disp. (%)	0.391
Sódio (%)	0.210
Arginina (%)	1.365
Gli + Ser Dig (%)	1.940
Isoleucina Dig (%)	0.835
Lisina Dig (%)	1.266
Met + Cis Dig. (%)	0.962
Treonina Dig. (%)	0.822
Triptofano Dig. (%)	0.229
Valina Dig. (%)	1.006

1 – Premix Mineral – Quantidade por kg de dieta: Mn, 77 mg ; Fe, 55,0 mg; Zn, 71,5 mg; Cu, 11,0 mg ; I, 1,10 mg; Se, 0,330 mg,
 2 – Premix Vitamínico – Quantidade por kg de dieta: Vitamina A, 8250 UI; Vitamina D3, 2090 UI; Vitamina E, 31 UI; Vitamina K3, 1,65 mg;
 Vitamina B1, 2,20 mg; Vitamina B2, 5,50 mg Vitamina B6, 3,08 mg; Vitamina B12, 13 mcg; Ac Pantatênico, 11,0 mg; Biotina, 0,077 mg; Ac.
 Fólico , 0,770 g ; Ac. Nicotínico, 33,0g,

O período experimental foi de oito dias, sendo quatro dias de adaptação às instalações e dietas experimentais e quatro dias de coleta total de excretas. A coleta de excretas foi feita duas vezes ao dia para evitar fermentação bacteriana. Para delimitar o início e o final do período de coleta, utilizou-se, nas rações experimentais, 1% de óxido férrico como marcador. Ao fim do período de coleta, as sobras de rações foram pesadas para determinar seu consumo.

As excretas coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificados e posteriormente armazenados em freezer (-18°C) até o final do período de coleta. Terminado o período experimental, as amostras de excretas foram pesadas para determinar a excreção total, homogeneizadas e retiradas alíquotas, as quais foram submetidas à secagem em estufa ventilada a 55 °C por um período de 72 horas (método ICNT-CA G-001/1). Após a moagem, foram feitas as análises laboratoriais de matéria seca (método ICNT-CA G-003/1) e nitrogênio (método ICNT-CA N-001/1) no laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da IFGoiano, *Campus* Rio Verde, segundo técnicas descritas por Detmann et al. (2012). A energia bruta foi determinada em calorímetro IKA[®], modelo C200.

Uma vez obtidos os resultados das análises laboratoriais dos alimentos, da ração referência, das rações testes e das excretas e com base no consumo de ração e produção de excretas, foram calculados os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida (EMA_n), por meio das equações apresentadas abaixo, propostas por Matterson et al. (1965).

$$EMA_{RT \text{ e } RR} = \frac{EB \text{ ingerida} - EB \text{ excretada}}{MS \text{ ingerida}}$$

$$EMA_{ALIM.} = \frac{EM_{rr} + (EM_{rt} - EM_{rr})}{g/g \text{ subst.}}$$

$$EMA_{nRR \text{ e } RT} = \frac{(EB \text{ ingerida} - EB \text{ excretada}) - 8,22 \times BN}{MS \text{ ingerida}}$$

$$EMA_{nALIM} = \frac{EM_{nRR} + (EM_{nRT} - EM_{nRR})}{g/g \text{ subst.}}$$

$$BN = \text{Ning.} - (\text{Nexc.} - \text{Nexc.End.})$$

Em que:

EMA_{RR e RT} = energia metabolizável aparente da ração referência e ração-teste;

EMA_{ALIM} = energia metabolizável aparente do alimento;

$EMAn_{RR e RT}$ = energia metabolizável aparente corrigida da ração referência e ração teste;

$EMAn_{ALIM}$ = energia metabolizável aparente corrigida do alimento;

$EBing.$ = energia bruta ingerida;

$EBexc.$ = energia bruta excretada;

BN = balanço de nitrogênio;

N_{ing} = nitrogênio ingerido;

$N_{exc.}$ = nitrogênio excretado; e

$MSing.$ = matéria seca ingerida.

Os resultados foram submetidos à análise de variância através do software SISVAR (Ferreira, 2003) e as médias, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ensaio 2: Digestibilidade ileal verdadeira de aminoácidos

Foi feito um ensaio biológico no Setor de Avicultura do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Goiás, com a finalidade de determinar a digestibilidade ileal verdadeira de aminoácidos de três farinhas de origem animal com e sem o uso de enzima proteolítica.

Para isso, foram utilizados 480 frangos de corte machos da linhagem comercial Cobb, dos 21 aos 25 dias de idade, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 2 (uma dieta isenta de proteína (DIP) e três dietas testes com adição de 25% das FOA em substituição ao amido na DIP; com e sem a adição de enzima proteolítica), com 6 repetições e 10 animais por unidade experimental.

A DIP continha 1% de Celite® com o objetivo de elevar os teores de cinza ácida insolúvel (CAI) que foi utilizada como indicador indigestível, segundo Sakomura & Rostagno, (2016).

Do 21º ao 25º dia, os animais foram submetidos a um período de adaptação às dietas experimentais. Após esse período, todas as aves de cada repetição foram abatidas por deslocamento cervical, abertas na cavidade abdominal e coletado todo o conteúdo do segmento ileal compreendido a 5 cm da junção íleo-cecocolica até 30 cm em direção ao jejuno. O conteúdo retirado foi colocado em copos plásticos, identificados e mantidos em freezer a 70°C negativos.

Antes da coleta, as aves foram constantemente estimuladas a consumir ração para evitar esvaziamento do trato digestivo e garantir quantidade suficiente de amostra para as análises.

As amostras coletadas e congeladas foram posteriormente liofilizadas, moídas em moinho de faca e preparadas para análises laboratoriais. O conteúdo de proteína bruta foi determinado pelo método ICNT-CA N-001/1, segundo Detmann et al. (2012). A cinza ácida insolúvel, fração

indigerível presente nas dietas e nas digestas, foi determinada segundo a metodologia descrita por Carvalho et al. (2013). As análises de aminoácidos dos alimentos, das dietas experimentais e digesta ileal foram feitas por Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) pela empresa ADISSEO.

Tabela 2 – Composição centesimal da dieta isenta de proteína

Ingrediente / Dieta	DIP	DIP+Alimento
Amido	82.68	62.67
Açúcar	5.00	5.00
Alimento	---	25.00
Óleo de Soja	5.00	5.00
Fosfato Bi cálcico	1.62	1.62
Calcário	0.80	0.80
Sal	0.45	0.45
Sabugo de Milho	3.00	3.00
Premix Mineral ¹	0.13	0.13
Premix Vitamínico ²	0.13	0.13
Cloreto de colina	0.20	0.20
Celite TM	1.00	1.00
Total	100.00	100.00

– Premix Mineral – Quantidade por kg de dieta: Mn, 77 mg ; Fe, 55,0 mg; Zn, 71,5 mg; Cu, 11,0 mg ; I, 1,10 mg; Se, 0,330 mg,

¹⁾ – Premix Vitamínico – Quantidade por kg de dieta: Vitamina A, 8250 UI; Vitamina D3, 2090 UI; Vitamina E, 31 UI; Vitamina K3, 1,65 mg; Vitamina B1, 2,20 mg; Vitamina B2, 5,50 mg Vitamina B6, 3,08 mg; Vitamina B12, 13 mcg; Ac Pantatênico, 11,0 mg; Biotinaza, 0,077 mg; Ac. Fólico , 0,770 g ; Ac. Nicotínico, 33,0g,

O cálculo da digestibilidade verdadeira de aminoácidos foi feito de acordo com as equações propostas por Sakomura & Rostagno (2016) indicadas a seguir:

1- Perdas basais endógenas de aminoácidos (PEBAA)

$$\text{PEBAA(g/kg MS)} = \frac{\text{AA digesta(g/kgMS)} \times (\text{CIA dieta(g/kgMS)})}{\text{CIA digesta(g/kgMS)}}$$

2 – Coeficiente de digestibilidade ileal verdadeira de aminoácido (CDI_{pAA})

$$\text{CDI}_p(\%) = \frac{\text{CDI}_a(\%) + ((\text{PEBaa(g/kgMS)})}{\text{AA dieta(g/kgMS)}} \times 100$$

Os resultados encontrados foram submetidos à análise de variância através do software SISVAR (FERREIRA, 2003), e as médias dos coeficientes de digestibilidade verdadeira de aminoácidos das farinhas com e sem enzimas foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

2.3 - RESULTADOS

A FVA apresentou a maior concentração de proteína, gordura e de aminoácidos totais. Conforme esperado, a FCOB obteve a maior composição em cinzas (Tabela 3).

Tabela 3 - Composição proximal química e aminoacídica das farinhas de carne e ossos bovinos (FCOB), víscera de aves (FVA) e vísceras suínas (FVS).

Composição (%)	FCOB	¹ DP	² CV%	FVA	¹ DP	² CV%	FVS	¹ DP	² CV%
Umidade	6.43	0.10	1.55	7.53	0.27	3.64	3.40	0.22	6.42
Matéria mineral	26.59	0.02	0.06	18.46	0.22	1.22	18.61	0.29	1.56
Extrato etéreo	11.54	0.14	1.23	17.48	0.24	1.35	16.51	0.25	1.50
Proteína bruta	54.48	0.22	0.40	55.42	0.21	0.38	49.45	0.22	0.44
Aminoácidos (%)	FCOB	¹ DP	² CV	FVA	¹ DP	² CV	FVS	¹ DP	² CV
Metionina	0.77	0.08	10.44	0.88	0.01	1.43	0.77	0.01	0.94
Metionia+cistina	1.32	0.21	15.64	1.52	0.14	8.99	1.11	0.01	0.92
Lisina	2.92	0.07	2.30	2.61	0.01	0.32	2.38	0.02	0.70
Treonina	1.80	0.09	4.84	1.75	0.27	15.62	1.54	0.20	12.86
Arginina	3.80	0.36	9.34	3.33	0.19	5.50	3.00	0.36	12.00
Isoleucina	1.60	0.36	22.37	1.77	0.17	9.77	1.41	0.08	5.47
Leucina	3.16	0.36	11.46	3.15	0.02	0.54	2.80	0.01	0.44
Valina	2.46	0.01	0.49	2.13	0.37	17.14	1.99	0.38	19.00
Histidina	0.99	0.01	0.88	1.00	0.01	0.82	1.01	0.01	0.88
Fenilalanina	1.70	0.01	0.48	1.78	0.25	13.79	1.62	0.02	1.11
Cistina	0.40	0.01	1.39	0.60	0.10	17.27	0.46	0.01	1.21
Serina	2.11	0.32	15.12	2.95	0.34	11.47	2.42	0.29	12.04
Alanina	4.05	0.34	8.33	3.74	0.23	6.14	3.54	0.36	10.26
Ac. Aspártico	2.14	0.03	1.32	2.63	0.35	13.34	2.39	0.36	15.10
Ac. Glutâmico	3.60	0.32	8.89	3.78	0.33	8.74	3.55	0.33	9.34

Resultados de aminoácidos foram feitos por Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) pela ADISSEO.

¹DP: Desvio Padrão

²CV: Coeficiente de Variação

Houve interação significativa para EMA e EMAn (kcal/kg) entre as FOA e adição de enzima ($p < 0.05$), (Tabela 4). Observou-se nas dietas com e sem enzima maior valor energético para a FVS ($p < 0.05$). Não houve efeito da adição da protease sobre os níveis energéticos das FCOB ($p > 0.155$) e FVA ($p > 0.791$). Porém, a adição de enzima proteolítica incrementou os valores energéticos da FVS em 15,99% ($p < 0.05$).

Não houve interação entre os ingredientes avaliados e a adição de enzimas para CMAEB das farinhas de origem animal estudado ($p > 0.051$), (Tabela 5). Verificou-se maior CMAEB para a FVS ($p < 0.05$) e FCOB ($p < 0.001$). A inclusão da protease nas FOA proporcionou aumento no CMAEB igual a 5,70% ($p < 0.002$). Houve interação significativa entre os alimentos x enzima para o CMAMS ($p < 0.05$), (Tabela 5). Para as FOA sem adição de enzima, observou-se menor o CMAMS para a FCOB ($p < 0.05$). A inclusão de protease apresentou efeito positivo sobre o CMAMS apenas na FCOB ($p < 0.05$).

Tabela 4 - Energia Metabolizável Aparente (EMA), Energia Metabolizável Aparente Corrigida para o Balanço de Nitrogênio (EMAn) de farinhas de origem animal para frangos de corte na fase inicial, com base na matéria seca.

Alimento	¹ EMA (kcal/kg)				¹ EMAn (kcal/kg)			
	S/Enzima	C/Enzima	Média	EPM ²	S/Enzima	C/Enzima	Média	EPM ²
FVS	3176.19Ab	3684.14Aa	3430.16	65.28	3058.32Ab	3547.41Aa	3302.87	62.01
FVA	2742.63Ba	2778.83Ba	2760.73		2422.84Ba	2454.81Ba	2438.83	
FCOB	2633.47Ba	2824.53Ba	2729.00		2520.88Ba	2703.78Ba	2612.33	
Média	2850.76	3095.83			2667.35	2902.00		
Probabilidade								
Alimento (A)					0.0000			
Enzima (E)					0.0028			
AxE					0.0470			
³ CV(%)					7.6100			

Médias seguidas de letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem significativamente entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

¹Média de 6 repetições de 10 aves cada.

²Erro padrão da média.

³cv – coeficiente de variação

Tabela 5 - Coeficientes de Metabolização de Energia Bruta (CMAEB) e Coeficientes de Metabolização Aparente da matéria seca (CMAMS) de farinhas de origem animal para frangos de corte na fase inicial, com base na matéria seca.

Alimento	¹ CMAEB (%)				¹ CMAMS(%)			
	S/Enzima	C/Enzima	Média	EPM ²	S/Enzima	C/Enzima	Média	EPM ²
FVS	74.03	85.87	79.95A	1.54	64.10Aa	54.81Aa	59.46	3.17
FVA	52.33	53.02	52.67B		54.06Aa	58.06Aa	56.06	
FCOB	76.63	82.19	79.41A		24.38Ba	55.27Ab	39.82	
Médias	67.66b	73.69a			47.52	56.04		
Probabilidade								
Alimento (A)					0.0000			
Enzima (E)					0.0020			
AxE					0.515			
³ CV(%)					7.560			

Médias seguidas de letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem significativamente entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

¹Média de 6 repetições de 10 aves cada.

²Erro padrão da média.

³cv – coeficiente de variação

Houve maiores valores para o CDIV do ácido aspártico, para a FVA e FCOB (p<0.022), (Tabela 6). Com exceção para ácido glutâmico, serina, fenilalanina, histidina, ácido aspártico e cistina não houve interação significativa entre as farinhas de origem animal x enzima para CDIV dos aminoácidos (p>0.05). O mesmo efeito foi observado para a proteína bruta (p>0.670). A adição da enzima proteolítica proporcionou aumento médio de 5,67% no CDIV dos aminoácidos essenciais com exceto para histidina e fenilalanina.

Tabela 6 - Coeficiente de digestibilidade ileal verdadeira (CDIV) de farinhas de origem animal com e sem adição de protease para frangos de corte.

Aminoácidos	Sem		Com		Probabilidades					
	FVS	FVA	FCOB	Enzima	Enzima	Alimento	Enzima	AxE	CV%	EPM ²
Metionina	90.23	92.98	90.22	88.56b	94.77a	0.668	0.027	0.066	5.71	2.138
Met+Cist.	92.53	93.27	91.94	89.95b	95.21a	0.871	0.025	0.197	4.71	1.781
Lisina	94.79	94.83	95.01	93.03b	96.73a	0.988	0.012	0.072	2.80	0.886
Treonina	84.89	90.35	87.35	83.90b	91.15a	0.381	0.037	0.319	7.48	2.673
Arginina	94.73	94.41	91.74	90.98b	96.27a	0.255	0.005	0.370	3.47	1.325
Isoleucina	89.25	91.48	90.08	86.13b	94.41a	0.781	0.008	0.110	6.09	2.243
Leucina	92.18	93.02	91.57	89.00b	95.52a	0.827	0.005	0.167	4.31	1.622
Valina	91.43	92.17	90.90	88.11b	94.89a	0.889	0.008	0.175	4.97	1.855
Histidina	87.10	89.96	88.76	86.00a	91.21a	0.706	0.084	0.071	6.61	2.392
Fenilalanina	86.96	87.78	87.10	86.20a	88.36a	0.978	0.536	0.789	8.24	2.934
Cistina	95.40	92.05	91.47	91.41a	94.54a	0.274	0.150	0.065	4.65	1.765
Serina	84.07	90.80	86.63	84.13a	90.21a	0.231	0.069	0.594	7.41	2.638
Alanina	94.51	93.31	90.56	90.61a	94.97a	0.211	0.029	0.158	4.01	1.519
Ácido asp.	86.03B	94.16A	94.46A	89.27a	93.82a	0.220	0.081	0.008	5.53	2.068
Ácido glu.	92.89	95.54	95.64	92.77a	96.61a	0.265	0.023	0.022	3.31	1.280
PB	91.81	91.55	90.36	90.06a	92.45a	0.819	0.241	0.809	4.51	1.577

Médias seguidas de letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem significativamente entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

¹Média de 6 repetições de 10 aves cada.

²Erro padrão da média.

2.4- DISCUSSÃO

A composição nutricional das FOA analisadas neste estudo está coerente com a observada na literatura. Na Tabela Brasileira para Aves e Suínos (2017), foram determinados para a FCOB valores inferiores de umidade e PB (6,10% e 51,70%, respectivamente) aos deste estudo, em contrapartida, os autores observaram para este ingrediente valores superiores de matéria mineral e extrato etéreo (12,20 e 29,9%, respectivamente). Situação semelhante foi observada por Troni et al. (2016) que, avaliando a composição química e energética de alimentos para frango de corte entre eles FCOB, depararam com seguintes resultados: 5,50% de matéria seca (MS); 39,55% de matéria mineral (MM); 9,60% extrato etéreo (EE); e 48,06% proteína bruta (PB). A variação da qualidade nutricional das FCOB está diretamente relacionada ao tipo de matéria-prima empregada na sua fabricação, à inclusão de porções maiores de carcaças inteiras, partes de carcaças, pés e cabeças dos animais (Matias et al., 2015).

Segundo Fernandes et al. (2016), a composição das FCOB produzidas nas fábricas brasileiras revelou grande variação nutricional, principalmente nos teores de matéria mineral, que variaram entre 10,0 a 30,0%, os de extrato etéreo oscilaram entre 9,50 e 20,8% e os de

proteína bruta variaram entre 49,90 a 65,0% . Diante disso, os valores médios encontrados para este ingrediente seguem a faixa prevista na literatura.

As Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (2017) e Troni et al. (2016) igualmente avaliaram a FVA e obtiveram resultados que variaram pouco em relação aos obtidos neste trabalho. Também as Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (2017), ao avaliarem a FVS, encontraram para este ingrediente resultados similares aos deste estudo, sendo que as maiores discrepâncias ocorreram nos níveis de MS (3,31 x 6,00%) e MM (16,19 x 27,90%).

Houve grande variação dos teores de aminoácidos determinados nesta pesquisa em relação aos observados na literatura. Para os níveis de lisina e metionina, as Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (2017) mostram, respectivamente, valores iguais a 2,73% e 0,70% para a FCOB; 3,09% e 1,06% para a FVA; e 2,60% e 0,74% para a FVS. Vieira et al. (2014), avaliando ingredientes alternativos para nutrição animal, determinaram para FCOB valores de 1,70% e 0,45% para lisina e metionina, respectivamente. Carvalho et al. (2012) analisaram FVA e encontraram os seguintes valores: 2,13% de lisina e 0,58% de metionina. A variação dos resultados verificados para estes aminoácidos pode ser atribuída às diferentes metodologias aplicadas no processo das farinhas no que se refere ao tempo e à temperatura adotada no seu cozimento (Eyng et al., 2010). A temperatura consiste em uma etapa crucial no processo de obtenção de FOA, porém, na maioria das vezes, quando os limites máximos de calor não são respeitados pode ocorrer à queima dos alimentos produzidos, acarretando diminuição de alguns de seus componentes nutricionais. A desnaturação de proteínas pelo aquecimento está associada a alterações cooperativas na sua estrutura, sendo que a temperatura no ponto médio desse processo é chamada de temperatura de fusão/desnaturação (Nakamura et al., 2017).

Os resultados mostram que o perfil de aminoácidos das FOA analisadas superam as exigências dos frangos de corte para os aminoácidos essenciais, sendo considerada, portanto, uma proteína de alto valor nutricional.

A EMAn das FCOB, FVA e FVS apresentaram resultados diferentes dos encontrados na literatura. Neste trabalho, os resultados obtidos para EMAn para as FOA sem enzima foram iguais a 2.520,88 kcal/kg para a FCOB, 2.422,84 kcal/kg para a FVA e 3.058,32 kcal/kg FVS. As Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (2017) apresentaram valores de EMAn iguais a 2.373,0 kcal/kg para a FCOB, 3.682,0 kcal/kg para a FVA e 2.240,0 kcal/kg para a FVS. Os valores energéticos obtidos nesta pesquisa também diferem daqueles determinados com frangos por Andrade et al., (2016), que observaram EMAn iguais a 2.778 kcal/kg e 4.293 kcal/kg para a FCOB e FVA, respectivamente. Troni et al. (2016) obtiveram com frangos de corte valores de EMAn iguais a 1.574,0 kcal/kg para a FCOB e 3.705 kcal/kg para FVA.

A diferença na composição das matérias-primas das FOA, a metodologia de processamento e a idade de determinação dos valores energéticos são fatores que justificam a variação nos resultados encontrados para a EMAN, conforme relatado por Eyng et al. (2010), Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (2011) e Amorin et al. (2015).

Os maiores valores energéticos obtidos para a FVS neste trabalho podem ser atribuídos ao menor valor de matéria mineral deste ingrediente. Isso ocorre porque quando os íons de cálcio e de sódio estão em menor concentração no alimento, há uma menor saponificação das gorduras presentes na farinha de origem animal, aumentando sua utilização pelas aves, com maior liberação de EMA (Troni et al., 2016).

Para todos os alimentos avaliados, os valores de EMA foram superiores aos valores de EMAN, indicando que as aves, durante o período experimental, apresentaram balanço de nitrogênio positivo, que se caracteriza pela retenção do nitrogênio presente no alimento. Segundo Scottá et al. (2016), quando os valores de energia metabolizável são determinados pelo método tradicional de coleta com pintos, é normal que ocorra maior retenção de nitrogênio, pois os animais estão em crescimento e necessitam desse nitrogênio para deposição de tecido proteico.

Os valores de EMA e EMAN apresentados tiveram interação entre as FOA e suplementação ou não com enzima. Foi verificada diferença significativa para o uso de protease apenas nos valores de EMA e EMAN da FVS. Da mesma forma, a adição da protease também melhorou os CMAEB das FOA e o CMAMS da FCOB. Este fato indica que a adição de protease proporcionou maior disponibilização dos nutrientes para o aproveitamento animal.

Trabalhos que avaliam a inclusão de protease sobre os valores energéticos de FOA são escassos, porém Romero et al. (2013), trabalhando com ingrediente de origem vegetal, avaliaram a adição de um complexo composto por carboidrase e protease em dietas com DDGS de milho e observaram incremento da EMAN, sugerindo que a presença da protease tenha aumentado a digestão de nutrientes no intestino dos animais.

Por outro lado, pesquisas que atestam o efeito positivo das proteases sobre os valores energéticos de dietas completas são mais comuns. Neste contexto, Olukosi et al. (2015) avaliaram o efeito da protease sobre a digestibilidade de nutrientes em uma dieta à base de farinha de milho e soja para frango de corte e concluíram que a protease aumentou a EMAN e reduziu o fluxo de arabinose insolúveis. Mahmood et al. (2017) avaliaram a inclusão de protease em dietas para frango de corte formuladas com FOA sobre a digestibilidade de nutrientes. Os autores concluíram que a substituição de 3% da FOA em dietas para frangos de corte com adição de protease resulta em melhor digestibilidade de nutrientes, com consequente aumento na EMAN da dieta, o que permite reduzir em 190g a proteína bruta da ração.

A melhora na EMAn da dieta com adição de enzima pode ser devida à melhor digestão de gorduras (Mutucumarana et al., 2014). Outra possível explicação para este efeito pode ser atribuída à ruptura da interação proteína-amido pela protease exógena que, em troca, teria resultado em uma melhor digestibilidade do amido (Al-Rabadi et al., 2013), aumentando, assim, a EMAn da dieta. Também o aumento dos valores energéticos pode sugerir maior disponibilização de energia pela maior disponibilidade aminoacídica, conforme verificado com a inclusão de protease nesta pesquisa.

As FAO analisadas apresentaram variações nos coeficientes de digestibilidade ileal verdadeira dos aminoácidos quando comparadas à literatura (Brumano et al., 2006; Eyng et al., 2010; Soares et al., 2005; D'Agostini et al., 2004; Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos 2011; Scottá et al., 2016). Conforme relatado anteriormente, isso se deve às diferenças encontradas na composição química e também às variações nos valores de perdas basais endógenas dos aminoácidos pelos animais. Pozza et al. (2008) enfatizaram que o processamento térmico ao qual as FOA são submetidas influencia consideravelmente nas diferenças entre os coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos

Os coeficientes de digestibilidade ileal verdadeira de aminoácidos (CDIv) da FVA, FVS e FCOB foram superiores, quando comparados à literatura consultada (D'Agostini et al., 2004; Brumano et al., 2006; Ost et al., 2007; Eyng et al., 2010; Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos 2011; Scottá et al., 2016). Esses resultados mostram que as FOA utilizadas no experimento tiveram o processamento adequado com hidrólise quase que completa, resultando em valores superiores de digestibilidade da maioria dos aminoácidos (Eyng et al., 2010). Segundo Barbosa et al. (2014), as proteases exógenas podem melhorar o desempenho das aves, aumentando a utilização de proteínas danificadas pelo calor no processamento de alguns ingredientes, incluindo as FOA.

A utilização da enzima proteolítica melhorou a CDIv na maioria dos aminoácidos, isso ocorre pela hidrólise enzimática que resulta na quebra das proteínas em peptídeos menores e aminoácidos livres, o que aumenta a solubilidade e, conseqüentemente, a digestibilidade (Romero et al. 2014; Paiva et al., 2015; Cowieson et al., 2016).

Similarmente aos resultados desta pesquisa, Liu et al. (2013), avaliando a digestibilidade de aminoácido do sorgo em quatro locais do intestino delgado, verificaram aumento de 4,78% da digestibilidade de aminoácidos nas dietas, com adição de protease.

Romero et al. (2013), avaliando um complexo enzimático de carboidrase e protease em dietas com DDGS (grãos secos por destilação) de milho, concluíram que a adição de protease foi a grande responsável pelo incremento no coeficiente de digestibilidade de aminoácidos,

argumentando ainda que o mecanismo de ação da protease na digestibilidade de aminoácidos é dependente da qualidade da proteína na dieta.

Por outro lado, Barekatin et al. (2013) verificaram que a adição de protease afetou de forma negativa a digestibilidade das proteínas e da maioria dos aminoácidos em dietas com DDGS de sorgo, porém, melhorou individualmente a digestibilidade da metionina. Erdaw et al. (2017) avaliaram a substituição do farelo de soja por até 20% de soja crua, com adição de protease para frangos de corte, e concluíram que a atividade enzimática não foi efetiva para melhorar os CDIV de aminoácidos e da proteína bruta, reafirmando que a qualidade proteica e a ausência de fatores antinutricionais são fatores limitantes na atuação das enzimas proteolíticas.

2.5 – CONCLUSÃO

Conclui-se que as FVS, FVA e FCOB apresentaram EMAn igual a 3.058,32 kcal/kg, 2.422,84 kcal/kg e 2.520,88 kcal/kg, respectivamente. A adição da protease foi eficiente em melhorar a EMAn na FVS, o CMAEB de todas as FOA, o CMAMS da FCOB e o CDIV da maioria dos aminoácidos essenciais e não essenciais.

2.6 – REFERÊNCIAS

Oliveira TMM, Nunes RV, Marcato SM, Berwanger E, Bayerle DF, Schöne RA & Sangali CP (2014). Sunflower meal for broilers: chemical composition and metodologics amendments on determination of energetic values and digestible aminoacids. *Semina: Ciências Agrárias*, 35(6), 3415-3428.

Gaylord TG, Sealey WM, Barrows FT, Myrick CA & Fornshell G (2017). Avaliação de combinações de ingredientes de diferentes origens (farinha de peixe, animal terrestre e plantas) e dois alvos de nutrientes formulados diferentes no crescimento da truta arco íris e na eficiência da produção. *Nutrição da aquicultura*.

Eyng C, Nunes RV, Rostagno HS, Teixeira LF, Albino CGVN & Bruno LDG (2010). Composição química, valores energéticos e aminoácidos digestíveis verdadeiros de farinhas de vísceras para aves. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(4), 779-786.

Kidrič M, Kos J & Sabotič J (2014). Proteases e seus inibidores endógenos na resposta da planta ao estresse abiótico. *Bot Serb* , 38 , 139-58.

Krabbe EL & Lorandi S (2014). Atualidades e tendências no uso de enzimas na nutrição de aves. In VI congresso latino-americano de nutrição animal.

Troni AR, Gomes PC, Mello HHDC, Albino LFT & Rocha TCD (2016). Chemical and energy composition of broiler feeds. *Revista Ciência Agronômica*, 47(4), 755-760.

Romero LF, Parsons CM, Utterback PL, Plumstead PW & 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. *Anim. Feed Sci. Technol.* 181:35–44.

Sakomura, NK, Rostagno HS. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.

Silva DJ, Queiroz AC. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. 235 p

Matterson LD, Potter LM, Stutz MW. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. Storrs, Connecticut, The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station. Research Report, v. 7, n. 1, p. 11-14, 1965.

Detmann E, Souza MA, Valadares Filho SC, Queiroz AC, Berchielli TT, Saliba EOS, Cabral LS, Pina DS, Ladeira MM, Azevedo JAG (eds.). Métodos para análise de alimentos. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012. 214p

Ferreira DF (2003). Sistema Sisvar para análises estatísticas. 2003. Versão online, 5.

Sakomura NK & Rostagno HS. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástrico. 2ª. Edição. Jaboticabal: Funep, 2016.

Carvalho GBD, Dourado LRB, Lopes JB, Ferreira AHC, Ribeiro MN, Silva SRGD & Silva FES (2013). Analytical methods of acid-insoluble ash used as marker to determining the

metabolizable energy of corn for poultry. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 14(1), 43-53.

Rostagno HS, Albino LFT, Donzele JL,, Oliveira RF, Barreto SLT, Hannas MI, Sakamura NK, Perazzo FG, Saraiva A, Abreu MLT, Rodrigues PB, Brito CO. *Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais de Aves e Suínos (Tabelas Brasileiras)*, 4ª. Edição. Viçosa: UFV – Departamento de Zootecnia, 2017.

Matias CFQ, Rocha JSR, Pompeu MA, Baião RC, Baião NC, Lara LJC & Cardeal PC (2015). Effect of protease on the metabolization coefficient of nutrients in broilers. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 67(2), 492-498.

Fernandes EDS (2016). Avaliação de fatores que afetam a qualidade de farinha de vísceras na indústria de subprodutos avícola.

Carvalho CM, Fernandes EA, Carvalho AP, Caires RM & Fagundes NS (2012). Uso de farinhas de origem animal na alimentação de frangos de corte. *RPCV*, 111, 69-73.

Nakamura S, Saotome T, Nakazawa A, Fukuda M, Kuroda Y & Kidokoro S I (2017). Thermodynamics of the Thermal Denaturation of Acid Molten Globule State of Cytochrome c Indicate a Reversible High-Temperature Oligomerization Process. *Biochemistry*, 56(18), 2372-2378.

Amorim AF, da Silva GF, Rodrigues KF, de Sousa JPL & Soares JAR (2015). Subprodutos utilizados na alimentação de frangos de corte. *PUBVET*, 9, 195-251.

Scottá BA, Albino LFT, Brustolini PC, Gomide APC, Campos PF & Rodrigues VV (2016). Determinação da composição química e dos valores de energia metabolizável de alguns alimentos proteicos para frangos de corte. *Ciência Animal Brasileira*, 17 (4), 501-508.

Romero LF, Sands JS, Indrakumar SE, Plumstead PW, Dalgaard S & Ravindran V (2014). Contribuição de proteína, amido e gordura para a energia digestível ilix aparente de dietas de frangos de trigo e baseados em trigo em resposta a xilanase exógena e amilase sem ou com protease. *Poultry science*, 93 (10), 2501-2513.

Olukosi OA, Beeson LA, Englyst K & Romero LF (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 (11), 2662-2669.

Mahmood T, Mirza MA, Nawaz H & Shahid M (2017). Efeito de diferentes proteases exógenas sobre o desempenho de crescimento, digestibilidade de nutrientes e resposta de carcaça em frangos de frango alimentados com dietas à base de farinha de subprodutos de aves de capoeira. *Livestock Science*, 200, 71-75.

Mutucumarana RK, Ravindran V, Ravindran G & Cowieson AJ (2014). Medição da digestibilidade ileal verdadeira e retenção total do fósforo no milho e na farinha de canola para frangos de corte. *Poultry science*, 93 (2), 412-419.

Al-Rabadi G, Torley P & Wynn P (2013). MELHORANDO A UTILIZAÇÃO DE CEREAIS.

Brumano G, Gomes PC, Albino LFT, Rostagno HS, Generoso RAR & Schmidt M (2006). Composição química e valores de energia metabolizável de alimentos proteicos determinados com frangos de corte em diferentes idades. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(6), 2297-2302.

Soares KR, Bertechini AG, Fassani EJ, Rodrigues PB, Fialho ET, Geraldo A & BRITO J (2005). Valores de energia metabolizável de alimentos para pintos de corte na fase pré-inicial. *Ciência e Agrotecnologia*, 29(1), 238-244.

D'Agostini, P., Gomes, P. C., Albino, L. F. T., Rostagno, H. S., & Sá, L. M. (2004). Valores de composição química e energética de alguns alimentos para aves. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33(1), 128-134

Pozza PC, Gomes PC, Lopes Donzele J, Rostagno HS, Soares dos Santos Pozza M & Vianna Nunes R (2008). Composição química, digestibilidade e predição dos valores energéticos da farinha de carne e ossos para suínos. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 30(1).

Ost PR, Rodrigues PB, de Freitas RTF, Fialho ET, Bertechini AG & Silva HO (2007). Aminoácidos digestíveis verdadeiros de alguns alimentos proteicos determinados em galos cecotomizados e por equações de predição. *Rev. Bras. Zootec*, 36, 1820.

Barbosa NAA, Bonato MA, Sakomura NK, Dourado LRB, Fernandes JBK & Kawauchi IM (2014). Digestibilidade ileal de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com enzimas exógenas/Ileal digestibility of broilers fed diets supplemented with exogenous enzymes. *Comunicata Scientiae*, 5(4), 361.

Paiva de Carvalho F, Marialva Alecrim M, Simas Teixeira MF, de Souza Kirsch L & Souza de Jesus R (2015). Produção de hidrolisado proteico de pirarucu utilizando-se protease de *Aspergillus flavo-furcatis* e pancreatina. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 45(1).

Cowieson AJ & Roos FF (2016). Toward optimal value creation through the application of exogenous mono-component protease in the diets of non-ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 221, 331-340.

Liu W, Wu JP, Li Z, Duan ZY & Wen H (2017). Efeitos da protease revestida com dieta no desempenho do crescimento, utilização dos alimentos, digestibilidade aparente de nutrientes, estrutura intestinal e hepatopâncreas na carpa Gibel juvenil (*Carassius auratus gibelio*). *Nutrição da aquicultura*.

Barekattain MR, Antipatis C, Choct M & Iji PA (2013). Interaction between protease and xylanase in broiler chicken diets containing sorghum distillers' dried grains with solubles. *Animal feed science and technology*, 182(1), 71-81.

Erdaw MM, Perez-Maldonado RA, Bhuiyan M & Iji PA (2017). Substituição parcial da farinha de soja comercial com farelo de soja cheio e gorduroso suplementado com diferentes níveis de protease em dietas de frangos de corte. *South African Journal of Animal Science*, 47 (1), 61-71.