

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 08/08/2018.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA
FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**RELAÇÃO IDEAL DOS AMINOÁCIDOS ESSENCIAIS PARA
POEDEIRAS EM CRESCIMENTO E PRODUÇÃO**

Letícia Soares
Zootecnista

2018

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA
FILHO”**

**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**RELAÇÃO IDEAL DOS AMINOÁCIDOS ESSENCIAIS PARA
POEDEIRAS EM CRESCIMENTO E PRODUÇÃO**

Letícia Soares

Orientador: Profa. Dra. Nilva Kazue Sakomura

Coorientador: Dr. Juliano Cesar de Paula Dorigam

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

2018

S499a Soares, Letícia
Relação ideal dos aminoácidos essenciais para poedeiras em crescimento e produção / Letícia Soares. -- Jaboticabal, 2018
iii, 101 p. : il. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2018
Orientador: Nilva Kazue Sakomura
Banca examinadora: Edney Pereira da Silva, Angela Sunder, Nei Andre Arruda Barbosa, Euclides Braga Malheiros
Bibliografia

1. Aminoácidos. 2. Balanço de nitrogênio. 3. Método da deleção. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 619:616.728.3:636.92

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO


TÍTULO DA TESE: RELAÇÃO IDEAL DOS AMINOCÍDIOS ESSENCIAIS PARA POEDEIRAS EM CRESCIMENTO E PRODUÇÃO

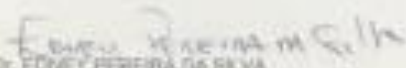
AUTORA: LETÍCIA SOARES


ORIENTADORA: NILVA KAZUE SAKOMURA

COORIENTADOR: JULIANO CESAR DE PAULA DORIGAM


Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em ZOOTECNIA, pela Comissão Examinadora:


Profa. Dra. NILVA KAZUE SAKOMURA
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. EDNEY PEREIRA DA SILVA
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Profa. Dra. URSULA SUNDER (Videokonferência)
Departamento de Ciências Animal / University Goettingen / Alemanha


Prof. Dr. NEL ANDRÉ ARRUDA BARBOSA (Videokonferência)
Departamento de Nutrição Animal / Escola de Veterinária e Zootecnia / Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte - Minas Gerais


Prof. Dr. EDCLÉCIO BRAGA MALHEIROS
Departamento de Ciências Exatas / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 06 de agosto de 2018

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

LETÍCIA SOARES – filha de Roosevelt José Soares e Marisa Soares, nasceu no dia 24 de outubro de 1989, na cidade de Jundiaí, São Paulo. Em março de 2008 ingressou no curso de Zootecnia na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista – Campus de Jaboticabal, São Paulo, graduando-se em março de 2013. No período de agosto de 2011 a julho de 2012 foi bolsista de iniciação científica pelo CNPq, sob orientação da Profa. Dra. Sandra Aidar de Queiroz. Em março de 2013 ingressou no curso de mestrado em Zootecnia pela mesma instituição, onde obteve bolsa pelo CNPq, sob orientação da Profa. Dra. Nilva Kazue Sakomura e defendendo sua dissertação em fevereiro de 2015. Em março de 2016 iniciou o curso de Doutorado em Zootecnia na Faculdade Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista – Campus Jaboticabal, São Paulo, onde obteve bolsa pela FAPESP, sob orientação da Profa. Dra. Nilva Kazue Sakomura, defendendo esta tese em 2018 para obtenção do título.

EPÍGRAFE

*“[...] Porque aquilo que a vida traz, traz para o mundo e não só para ti
Só dê importância à força positiva que te faz seguir
Nunca deixe se levar pelo desespero
Siga até o fim, siga até o fim! [...]”
(Um dia lindo – O Rappa)*

DEDICO...

Aos meus pais, Roosevelt e Marisa, pelo amor, carinho, confiança, dedicação, apoio e muita paciência.

Ao Nilson, por todo apoio, dedicação, carinho e cuidado.

À professora Nilva, por acreditar e confiar em mim, pela amizade, ensinamentos e oportunidades que sempre me deu.

À equipe do Laboratório de Ciências Avícolas, pela amizade, companheirismo, convivência e suporte.

Aos meus grandes amigos que conquistei ao longo dessa jornada.

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Nilva Kazue Sakomura pela orientação, aprendizado, amizade, confiança, oportunidades e “puxões de orelhas”, que apesar de doloridos foram essenciais para o meu crescimento.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Jaboticabal, por me acolher desde a graduação, pela estrutura e oportunidade de realizar o curso de Mestrado e Doutorado em Zootecnia.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela bolsa de doutorado concedida (processo nº 2016/00536-6) e sobretudo pelo financiamento desta pesquisa (processo nº 2013/25761-4).

À Empresa Evonik pelas análises de aminograma, essenciais à esta tese.

À Empresa Ajinomoto pela doação dos aminoácidos industriais.

À Empresa Hy-line do Brasil pela doação das aves para a condução dos ensaios desta tese.

Aos membros da minha banca de qualificação (Prof. Dr. Edney Pereira, Prof. Dr. Nelson Peruzzi, Dr. Gabriel Viana e Dr. Matheus Reis) e defesa (Dra. Angela Sünder, Prof. Dr. Edney Pereira, Prof. Dr. Euclides Braga Malheiros e Dr. Nei André Arruda), pela contribuição, críticas construtivas e disponibilidade, com certeza me ensinaram muito e enriqueceram a minha tese.

Aos professores Alex Sandro Campos Maia, Marcos Macari, Jorge de Lucca, Dalton José Carneiro, Elisabeth Urbinati, Aulus Cavalieri Carciofi, Euclides Braga Malheiros e Nelson José Peruzzi, que ajudaram na minha formação acadêmica e não mediram esforços para transmitirem todos os seus conhecimentos.

Ao meu grande amigo e coorientador Juliano (Kakareco) por toda amizade, companheirismo, conversas à toa, apoio, orientações e correções.

Aos integrantes e ex-integrantes do Laboratório de Ciências Avícolas, Mari, Macaé, Matheus, Kuki, Jeff, Marllon, Larissa (Piôia), Bruno (Tatá), Mirella, Vinícius, Felipe (Torcido), Fernando, Heloisa, Warlinho, Letícia, Raian, Karla, Palloma, Thaísa (Lorota), Felipe (Celulari), Guilherme, Mateus (Dis), Renata, Nayara, Juliano, Thiago, Dani, Camila, Miryelle, Katy, Hilda, Robson, Vicente e Izildo, muito obrigada pela

amizade, colaboração, compreensão, companhia, presença em todos os eventos promovidos, pelas constantes gargalhadas e litros de cafés coados diariamente. Todos foram importantes no desenvolvimento da minha tese e outras pesquisas que fizemos juntos, além de contribuírem no meu desenvolvimento pessoal. Valeu por nunca terem medido esforços para me ajudar.

Aos funcionários da UNESP, Renato, Helinho, Lucas, Paulo, Camila, Wilson e todos da seção de pós-graduação que sempre me ajudaram.

Aos meus pais, que sempre se dedicaram a minha felicidade e sucesso. À minha mãe, Marisa, pelo amor e apoio incondicional, força, confiança e coragem para vencer todos os novos desafios. Ao meu pai, Roosevelt, pela paciência infinita, compreensão, carinho e apoio.

Ao Nilson, pelo apoio, carinho, ajuda, confiança e por cuidar da minha mãe.

À Mari, por dividir a casa, as contas, os desafios, os problemas, as alegrias, a família, os filhotes, os dias, a vida. Por todo amor, carinho e incentivo!

À Jaqueline (Bituka), por dividir comigo durante tantos anos as contas, todas as aflições e alegrias que só a pós-graduação nos proporciona.

À Carol, que mesmo de longe, ainda cuida de mim com muita paciência, compreensão e carinho.

Aos Cafonas, Daniela (Quai), Denise (Xai), Flavia (Primi), Jaqueline (Bituka), Maryna (A-Rêgo), Marina (Mulher), Mariana (Breda), Juliana (Puka), Flavia (Pa-dá), Mirela (Braki), Juliana (Pá-pika), Luiz (Luii), Rodrigo (Sacer), João Victor (Finka), Leonardo (Bitrem), Dennys e Rangel, que mesmo sem o convívio diário participam intensamente da minha vida, pelo carinho, amizade, companheirismo, sinceridade, por tantos momentos de descontração, espontaneidade e reencontros que fortalecem ainda mais os nossos laços.

Aos meus grandes amigos Mel, Faiado, Dani e Nay por serem tão companheiros, parceiros de todas as horas, meus exemplos de vida, pelos conselhos, força, confiança e amizade verdadeira.

A todos os meus amigos que propiciaram momentos únicos e memoráveis e que farão parte da minha vida para sempre, por toda ajuda, incentivo, disponibilidade, confiança, cumplicidade, sinceridade, companhia, bom humor e conversas à toa.

Aos companheiros de quatro patas e muitos pelos, Zorro Fernando, Frida Carolina, Royal Cristina, Tuff Maurício, Duda Patrícia e Theo Roberto pelo amor incondicional traduzido em muitos “lambeijos”, “abraços”, “pãezinhos”, “ronrons” e artes.

A Deus, por ter sempre atendido as minhas preces, guiado o meu caminho e permitido encontrar essas pessoas tão especiais ao longo da vida.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

CAPITULO 1 – Considerações gerais	10
Introdução	10
Revisão de Literatura	11
Proteína ideal	11
Métodos para determinar a relação ideal dos aminoácidos	13
Método dose-resposta e fatorial	13
Método da deleção	14
Introdução ao método da deleção	14
Metodologia de Goettingen para determinar a relação ideal	15
Objetivo	16
Referências	16
CAPÍTULO 2 - Estimation of nitrogen maintenance requirements and potential for nitrogen retention of pullets in growth phase	19
SUMMARY	21
Introduction	22
Material and Methods	23
Animals housing and experimental design	24
Experimental diets	24
Experimental procedures	26
Chemical analyses	27
Statistical analyses	27
Results	28
Discussion	32
References	35
CAPÍTULO 3 - Optimal in-feed amino acid ratio for growing pullets based on deletion method and non-linear modelling	40
SUMMARY	42
Introduction	43
Material and Methods	45
Animals housing and experimental design	45
Experimental diets	45
Experimental procedures	51

Chemical analyses	51
Statistical analyses	51
Modelling the ideal amino acid ratios as proposed by the Goettingen approach.....	52
Modelling the ideal amino acid ratios as proposed by the Louvain approach (Rollin et al., 2003)	53
Results	54
Discussion.....	57
References	61
CAPÍTULO 4 - Optimal in-feed amino acid ratio for laying hens based on deletion method	67
SUMMARY	69
Introduction	70
Material and Methods.....	72
Assay 1: Determination of the NMR and $NR_{max}T$	72
Assay 2: Determination of the efficiency of amino acid utilization and ideal amino acid ratio	74
Statistical analyses.....	80
Assay 1: Determination of the NMR and $NR_{max}T$	80
Assay 2: Determination of the efficiency of amino acid utilization and ideal amino acid ratio	81
Determination of the amino acid requirement and ideal amino acid ratio (Rollin et al., 2003)	82
Results	83
Assay 1: Determination of the NMR and $NR_{max}T$	83
Assay 2: Determination of the efficiency of amino acid utilization, amino acid requirements and ideal amino acid ratio	85
Discussion.....	88
References	93
CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	100



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal



CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo nº 009999/14 do trabalho de pesquisa intitulado **"Modelagem da produção e das exigências nutricionais de aves e peixes – Determinação relação ideal dos aminoácidos para aves de corte e postura de peixes"**, sob a responsabilidade da Prof.^a Dr.^a Nilva Kazue Sakomura está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotado pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), em reunião ordinária de 06 de junho de 2014.

Jaboticabal, 06 de junho de 2014.


Prof.ª Dr.ª Paola Castro Moraes
Coordenadora – CEUA

RELAÇÃO IDEAL DOS AMINOÁCIDOS ESSENCIAIS PARA POEDEIRAS EM CRESCIMENTO E PRODUÇÃO

RESUMO – O tradicional método dose-resposta usado para determinar a relação ideal dos aminoácidos essenciais (IAAR) se baseia na resposta da ave ao aumento gradativo da concentração do aminoácido teste nas dietas, tem sido considerado muito oneroso, uma vez que é necessário um ensaio para cada aminoácido avaliado. Por outro lado, pelo método da deleção é necessário apenas um ensaio para determinar IAAR, sendo assim mais rápido e prático. Dessa forma, o objetivo desta tese foi determinar a relação ideal dos aminoácidos essenciais para frangas e galinhas poedeiras utilizando o método da deleção. O primeiro estudo teve como objetivo determinar a exigência de nitrogênio para manutenção (NMR) e o máximo potencial de retenção de nitrogênio (NR_{maxT}) para frangas em crescimento. Três ensaios de balanço de nitrogênio foram conduzidos utilizando 56 frangas Hy-line W-36 em cada ensaio (inicial: 14 a 28, cria: 56 a 70 e recria: 98 a 112 dias). Os tratamentos consistiram em seis níveis graduais de nitrogênio nas dietas (N1=8; N2=16; N3=24; N4=32; N5=40 e N6=48 g N /kg de ração), formuladas utilizando a técnica da diluição. As análises de regressão entre nitrogênio ingerido e excretado foram realizadas para ajustar a função exponencial e determinar o NMR, que foi estimado em 294, 331 e 355 mg/PC_{kg}^{0,67} para as fases inicial, cria e recria, respectivamente. Os valores determinados para NMR foram aplicados para o cálculo do NR_{maxT} como o valor limiar da função entre o nitrogênio ingerido e o retido. O NR_{maxT} foi estimado pelo algoritmo de Levenberg-Marquardt até que a soma dos quadrados dos resíduos fosse mínima. Os valores estimados de NR_{maxT} foram 3200, 2633 e 1826 mg/PC_{kg}^{0,67} para as fases inicial, cria e recria, respectivamente. A determinação desses parâmetros foram uma condição prévia para determinar as exigências dos aminoácidos com base em um modelo exponencial da utilização de nitrogênio dependente do desempenho e eficiência de utilização dos aminoácidos na dieta, desenvolvidos no estudo subsequente. No segundo estudo, objetivou-se aplicar os dados de eficiência e exigências dos aminoácidos obtidos a partir de ensaios de balanço de nitrogênio para os aminoácidos essenciais e determinar a relação ideal entre eles para frangas em crescimento. Três ensaios de balanço de nitrogênio foram conduzidos utilizando 96 frangas Hy-line W-36 em cada ensaio (inicial: 14 a 28, cria: 56 a 70 e recria: 98 a 112 dias), distribuídas em doze tratamentos com oito repetições de uma ave cada. Uma dieta balanceada (DB) foi formulada para atender a IAAR e as exigências dos demais nutrientes. As dietas limitantes foram formuladas diluindo a DB com amido de milho para atender 70% da exigência dos aminoácidos e novamente suplementadas com aminoácidos industriais e outros ingredientes para atingir os mesmos níveis da DB, exceto para o aminoácido a ser avaliado que permaneceu deficiente em 30%. Em cada ensaio, foram obtidos os dados de ingestão, excreção, deposição e retenção de nitrogênio. Os valores de b foram estimados por $b = (\ln(NR_{maxT}) - \ln(NR_{maxT} - NR)) / (NI)$. Além disso, os dados também foram utilizados para calcular as exigências pela equação: $Exig. = (EAA)_{BDX} (2 - DEL - (ND_{EAA} / ND_{BD}))$. Os valores de bc^{-1} foram obtidos dividindo b pela concentração de aminoácidos na dieta. A IAAR pelo método de Goettingen foi obtida dividindo bc^{-1} da lisina pelo valor de bc

¹ de cada aminoácido em estudo. A relação entre a exigências dos aminoácidos testados com a exigência da lisina determina a IAAR pelo método de Louvain. A IAAR determinada pelo método de Goettingen foi Lys 100; Met+Cis 86, 88, 81; Trp 17, 22, 22; Thr 77, 67, 68; Arg 103, 111, 109; Val 75, 80, 84; Ile 64, 67, 75; Leu 101, 121, 124; Phe+Tir 112, 126, 130; Gly+Ser 81, 130, 112; His 35, 35, 36% de 14 a 28, 56 a 70 e 98 a 112 dias, respectivamente. A IAAR determinada pelo método de Louvain foi Lys 100, Met+Cys 73, 80, 67; Trp 18, 20, 22; Thr 67, 68, 69; Arg 108, 108, 108; Val 77, 80, 84; Ile 70, 75, 77; Leu 113, 117, 129; Phe+Tir 121, 125, 131; Gly+Ser 78, 133, 124; His 37, 38, 39% de 14 a 28, 56 a 70 e 98 a 112 dias, respectivamente. O terceiro estudo teve como objetivo determinar a exigência de nitrogênio para manutenção (NMR), o máximo potencial de retenção de nitrogênio (NR_{maxT}) e a relação ideal dos aminoácidos essenciais para galinhas em produção. Um ensaio de balanço de nitrogênio foi conduzido utilizando 56 galinhas Hy-line W-36 no período de 28 a 30 semanas. Os tratamentos consistiram em seis níveis graduais de nitrogênio nas dietas (L1=8; L2=16; L3=24; L4=32; L5=40 e L6=48 g N /kg de ração), formuladas utilizando a técnica da diluição. As análises de regressão entre nitrogênio ingerido e excretado foram realizadas para ajustar a função exponencial e determinar o $NMR = 292 \text{ mg/PC}_{kg}^{0,67}$, que foram aplicados para o cálculo do $NR_{maxT} = 1883 \text{ mg/PC}_{kg}^{0,67}$ como o valor limiar da função entre o nitrogênio ingerido e o retido. Um segundo ensaio de balanço de nitrogênio foi conduzido utilizando 96 galinhas Hy-line W-36 no mesmo período do ensaio anterior, distribuídas em doze tratamentos com oito repetições de uma ave cada. Uma dieta balanceada (DB) foi formulada para atender a IAAR e as exigências dos demais nutrientes. As dietas limitantes foram formuladas diluindo a DB com amido de milho para atender 45% da exigência dos aminoácidos e novamente suplementadas com aminoácidos industriais e outros ingredientes para atingir os mesmos níveis da DB, exceto para o aminoácido a ser avaliado que permaneceu deficiente em 55%. Foram obtidos os dados de ingestão, excreção, deposição e retenção de nitrogênio. Os valores de b foram estimados por $b = (\ln(NR_{maxT}) - \ln(NR)) / (NI)$. Além disso, os dados também foram utilizados para calcular as exigências pela equação: $Exig. = (EAA)_{BDX} (2 - DEL - (ND_{EAA} / ND_{BD}))$. Os valores de bc^{-1} foram obtidos dividindo b pela concentração de aminoácidos na dieta. A IAAR pelo método de Goettingen foi obtida dividindo bc^{-1} da lisina pelo valor de bc^{-1} de cada aminoácido em estudo. A relação entre a exigências dos aminoácidos testados com a exigência da lisina determina a IAAR pelo método de Louvain. A IAAR determinada pelo método de Goettingen foi Lys 100; Met+Cis 88, Trp 21, Thr 69, Arg 109, Val 90, Ile 75, Leu 127, Phe+Tir 110, Gly+Ser 73 e His 29%. A IAAR determinada pelo método de Louvain foi Lys 100, Met+Cys 88, Trp 21, Thr 69, Arg 104, Val 91, Ile 78, Leu 121, Phe+Tir 119, Gly+Ser 77 e His 29%.

THE IDEAL ESSENTIAL AMINO ACID RATIO FOR LAYING HENS IN GROWTH AND PRODUCTION

ABSTRACT – The traditional dose-response method used to determine the ideal essential amino acid ratio (IAAR) is based on the response of the bird to the gradual increase of the test amino acid concentration in the diets, since it is considered very costly, since a test is required for each amino acid. On the other hand, by the deletion method, only one assay is required to determine IAAR, so it is faster and practical. Thus, the aim of this thesis was to determine the ideal amino acids ratio for pullets and laying hens using the deletion method. The first study was conducted to estimate daily N maintenance requirements (NMR) and the genetic potential for daily N retention (NR_{maxT}) of pullets in growth phase. Three nitrogen balance trials were conducted, a total of 56 Hy-line W-36 pullets were used in each trial in age periods (starter: 14 to 28, grower: 56 to 70 and developer: 98 to 112 days). The treatments consisted of six graded levels of nitrogen in the diets (L1=8; L2=16; L3=24; L4=32; L5=40 and L6=48 g N /kg of feed), formulated using the dilution technique. The regression analyses between nitrogen intake and nitrogen excretion were performed to fit the exponential function and to determine the NMR. It was estimated the daily NMR as 294, 331 and 355 mg/BW_{kg}^{0.67} for the initial, grower and developer periods, respectively, were applied for further calculation of NR_{maxT} as the threshold value of the function between N intake and daily N balance. The NR_{maxT} was estimated by a statistical procedure following several iteration steps by the Levenberg-Marquardt algorithm until the sum of the squares of the residual was minimized. The NR_{maxT} was estimated in 3200, 2633, and 1826 mg/BW_{kg}^{0.67} for starter, grower, and developer periods, respectively. The determined model parameters were the precondition for modeling of the amino acid requirement based on an exponential N-utilization model and depended on performance and dietary amino acid efficiency. This procedure will be further developed and applied in the subsequent study. In the second study, the aim was to apply the efficiency data and amino acid requirements obtained from nitrogen balance assays for the essential amino acids and to determine the ideal ratio between them for growing pullets. Three nitrogen balance trials were conducted, a total of 96 Hy-line W-36 pullets were used in each trial (starter: 14 to 28, grower: 56 to 70 and developer: 98 to 112 days). Twelve treatments with eight replicates and one bird per cage were used. A balanced diet (BD) was formulated to meet the IAAR and the requirement of other nutrients for pullets. To formulate the deficient diets, the BD was diluted with corn starch to reduce 30% of the dietary amino acid content. The diets were again supplemented with vitamin, mineral, fiber, energy, and industrial amino acids sources to achieve the same levels of the BD, except for the amino acid to be evaluated in the treatment, which remain reduced in 30%. In each trial, the data of nitrogen intake, excretion, deposition and retention were obtained in a balance trial. The b values were estimated by $b = (\ln(NR_{maxT}) - \ln(NR_{maxT} - NR)) / (NI)$. Also, these data were used to calculate the requirements by the equation: Requirement = $(EAA)_{BD} \times (2 - DEL - (ND_{EAA} / ND_{BD}))$. The bc^{-1} values were obtained dividing b by the dietary AA concentration. The IAAR by Goettingen approach was obtained by dividing the bc^{-1} from lysine by the bc^{-1} value from each other AA in each trial. The

relation between the AA requirements with Lys requirements provided de IAAR by Louvain approach. The IAAR determined by Goettingen approach were Lys 100; Met+Cis 86, 88, 81; Trp 17, 22, 22; Thr 77, 67, 68; Arg 103, 111, 109; Val 75, 80, 84; Ile 64, 67, 75; Leu 101, 121, 124; Phe+Tir 112, 126, 130; Gly+Ser 81, 130, 112; His 35, 35, 36% from 14 to 28 days, 56 to 70 days and 98 to 112 days, respectively. The IAAR determined by Louvain approach were Lys 100, Met+Cys 73, 80, 67; Trp 18, 20, 22; Thr 67, 68, 69; Arg 108, 108, 108; Val 77, 80, 84; Ile 70, 75, 77; Leu 113, 117, 129; Phe+Tir 121, 125, 131; Gly+Ser 78, 133, 124; His 37, 38, 39% from 14 to 28 days, 56 to 70 days and 98 to 112 days, respectively. The third study aimed to determine daily N maintenance requirements (NMR), the genetic potential for daily N retention (NR_{maxT}) and ideal amino acids ratio for laying hens. One nitrogen balance trial was conducted, a total of 56 Hy-line W-36 laying hens from 28 to 30 weeks. The treatments consisted of six graded levels of nitrogen in the diets (N1=8; N2=16; N3=24; N4=32; N5=40 and N6=48 g N /kg of feed), formulated using the dilution technique. The regression analyses between nitrogen intake and nitrogen excretion were performed to fit the exponential function and to determine the $NMR = 292 \text{ mg/BW}_{kg}^{0.67}$ that was applied for further calculation of $NR_{maxT} = 1883 \text{ mg/BW}_{kg}^{0.67}$. A second nitrogen balance trial was conducted, a total of 96 Hy-line W-36 laying hens were used in the same period. Twelve treatments with eight replicates and one bird per cage were used. A balanced diet (BD) was formulated to meet the IAAR and the requirement of other nutrients for pullets. To formulate the deficient diets, the BD was diluted with corn starch to meet 45% of the amino acid requirement. The diets were again supplemented with vitamin, mineral, fiber, energy, and industrial amino acids sources to achieve the same levels of the BD, except for the amino acid to be evaluated in the treatment, which remain reduced in 55%. In each trial, the data of nitrogen intake, excretion, deposition, and retention were obtained in a balance trial. The b values were estimated by $b = (\ln(NR_{maxT}) - \ln(NR_{maxT} - NR)) / (NI)$. Also, these data were used to calculate the requirements by the equation: $Requirement = (EAA)_{BD} \times (2 - DEL - (ND_{EAA} / ND_{BD}))$. The bc^{-1} values were obtained dividing b by the dietary AA concentration. The IAAR by Goettingen approach was obtained by dividing the bc^{-1} from lysine by the bc^{-1} value from each other AA in each trial. The relation between the AA requirements with Lys requirements provided de IAAR by Louvain approach. The IAAR determined by Goettingen approach were Lys 100; Met+Cis 88, Trp 21, Thr 69, Arg 109, Val 90, Ile 75, Leu 127, Phe+Tir 110, Gly+Ser 73 e His 29%. A IAAR determinada pelo método de Louvain foi Lys 100, Met+Cys 88, Trp 21, Thr 69, Arg 104, Val 91, Ile 78, Leu 121, Phe+Tir 119, Gly+Ser 77 e His 29%.

LISTA E ABREVIATURAS

AA – Amino acid (aminoácidos);

AAI – Amino acid intake (ingestão de aminoácidos);

Arg – Arginine (Arginina);

b – Slope of the exponential function that indicates the protein quality (inclinação da função exponencial que indica a qualidade da proteína);

bc⁻¹ – Efficiency of amino acid utilization (eficiência de utilização do aminoácido);

BCAA – Branched chain amino acids (aminoácidos de cadeia ramificada);

BD – Balanced diet (dieta balanceada);

BW – Body weight (Peso corporal);

c – Concentration of the amino acid in the dietary protein (concentração do aminoácido na proteína dietética);

CP – Crude protein (proteína bruta);

Cys – Cystine (cistina);

DEL – Deletion rate (taxa de deleção);

e – Euler number (número de Euler);

EAA – Essential Amino acid (aminoácidos essenciais);

EAABD – Essential amino acid content in the balanced diet (Conteúdo do aminoácido essencial obtido com a dieta balanceada);

FI – Feed intake (consumo de ração);

Gly – Glycine (glicina);

His – Histidine (histidina);

HPLC - high-performance liquid chromatography (cromatografia líquida de alto desempenho);

IAAR – Ideal amino acid ratio (Relação ideal de aminoácidos);

Ile – Isoleucine (isoleucina);

LAAI – Limiting amino acid intake (consumo do aminoácido limitante);

Leu – Leucine (leucina);

ln – Natural logarithm (logarítimo natural);

Lys – Lysine (lisina);

Met – Methionine (metionina);

N – Nitrogen (nitrogênio);

ND – Nitrogen deposition (Nitrogênio depositado);

NDBD – Nitrogen deposition in birds feed balanced diet (Nitrogênio depositado em aves alimentadas com a dieta balanceada);

NDEAA – Nitrogen deposition in birds feed limiting diets (Nitrogênio depositado em aves alimentadas com dietas limitantes);

NDmaxT - Maximum theoretical nitrogen deposition (máxima deposição teórica de nitrogênio);

NEM – Nitrogen in egg mass (nitrogênio na massa de ovo);

NEX – Nitrogen excretion (Nitrogênio excretado);

NI – Nitrogen intake (nitrogênio ingerido);

NMR – Nitrogen maintenance requirement (exigência de nitrogênio para manutenção);

NR – Nitrogen Retention (nitrogênio retido);

NRmaxT – Maximum theoretical nitrogen retention (máxima retenção teórica de nitrogênio);

Phe – Phenylalanine (fenilalanina);

Ser – Serine (serina);

Thr – Threonine (treonina);

Trp – Tryptophan (triptofano);

Tyr – Tyrosine (tirosina);

Val – Valine (valina);

CAPITULO 1 – Considerações gerais

Introdução

A produção avícola é atualmente um dos sistemas mais eficientes de produção de proteína animal em termos de custos, devido ao melhoramento genético feito nas últimas décadas que possibilitou o desenvolvimento de novas linhagens comerciais com maior potencial de produção e melhor aproveitamento do alimento fornecido. Consequentemente, este melhoramento genético também tornou as aves mais exigentes em termos de nutrientes (Costa et al., 2008), criando a necessidade de constantemente avaliar suas exigências afim de proporcionar o melhor programa nutricional para as linhagens modernas. A nutrição é um dos pontos críticos na produção de aves que deve ser manejado adequadamente para garantir os altos níveis de produção, e o aumento da eficiência produtiva é consequência da adoção de estratégias nutricionais que resultam em melhor aproveitamento dos nutrientes.

Na avicultura industrial de postura, os componentes proteicos das rações são os mais onerosos e representam cerca de 40 a 45% do custo das formulações. A eficiência de utilização da proteína dietética fornecida dependente da quantidade, composição e digestibilidade de seus aminoácidos, os quais são exigidos em níveis específicos pelas aves. Durante muitos anos, as formulações de rações para aves foram baseadas no conceito de proteína bruta e isso resultou em dietas com deficiência ou excesso de aminoácidos. Para minimizar esse problema, as dietas passaram a ser formuladas utilizando-se o conceito de proteína ideal conforme proposto por Baker & Han (1994), Emmert & Baker (1997) e Baker et al. (2002) que preconiza a existência de um perfil de aminoácidos intimamente relacionados. A adoção desse conceito só foi possível devido a produção industrial de aminoácidos que permitiu redução da proteína dietética e obtenção de uma ração mais econômica, além de melhorar aproveitamento dos aminoácidos e reduzir o impacto ao meio ambiente devido a redução do nitrogênio excretado.

Embora o conceito da proteína ideal esteja bastante difundido para aves em crescimento, alguns aspectos ainda necessitam ser aperfeiçoados, sobretudo, quando são adicionados outros aspectos fisiológicos como a produção de ovos em poedeiras e reprodutoras pesadas. Assim, esforços contínuos são realizados por parte

das instituições de pesquisa e da indústria, no sentido de atualizar as exigências de aminoácidos para poedeiras e suas relações ideais de acordo com a idade das aves e desempenho (Pessoa et al., 2015). Entretanto, a atualização das exigências de aminoácidos para poedeiras não segue o mesmo ritmo de desenvolvimento das aves uma vez que são determinadas por ensaios de dose resposta que necessitam de um longo período de coleta de dados e que permitem a avaliação de um único aminoácido por ensaio. Por outro lado, Baker et al. (2002) sugere que a melhor forma de estimar a relação ideal dos aminoácidos é usando apenas um ensaio onde as mesmas aves são submetidas à uma mesma dieta referência. Especificamente para esta situação, o método da deleção foi proposto por Wang & Fuller (1989) com suínos e posteriormente usado em aves (Gruber et al., 2000; Roth et al., 2001; Dorigam et al., 2015) para definir a proteína ideal para frangos de corte em apenas um ensaio.

No presente estudo, foi determinado a relação ideal de todos os aminoácidos essenciais em um único ensaio com base no método da deleção, o que proporcionou valores mais precisos por minimizar os efeitos do ambiente, dieta e genótipo sobre a determinação da relação ideal. Esse método se baseia na pressuposição que a remoção de um aminoácido não limitante não altera a resposta das aves e que a alteração na resposta da ave, com a redução de uma proporção de cada aminoácido, é usada para calcular o perfil ideal dos aminoácidos em cada dieta cujo o aminoácido é limitante. Os resultados obtidos contribuirão para redução do custo das pesquisas com animais, além de possibilitar informações precisas do perfil ideal da proteína dietética que deve ser fornecida para poedeiras comerciais. Desta forma, o projeto teve o objetivo de determinar o perfil ideal de aminoácidos essenciais para poedeiras comerciais da linhagem Hy-Line em diferentes fases de criação utilizando o método da deleção.

Revisão de Literatura

Proteína ideal

O conceito de proteína ideal foi definido inicialmente em 1964 por Mitchell como o balanço exato de aminoácidos que atende as exigências dos animais para manutenção, e crescimento. Parsons & Baker (1994) definem como uma mistura de aminoácidos totalmente disponíveis para digestão e metabolismo, capaz de fornecer

sem excessos e deficiências as necessidades absolutas de todos os aminoácidos exigidos para manutenção e produção da ave com máxima eficiência, evitando o seu uso como fonte de energia e reduzindo a excreção de nitrogênio a partir de uma adequada combinação de concentrados proteicos e suplementação de aminoácidos cristalinos.

Dean & Scott (1965) foram os primeiros a usar dietas experimentais nos estudos da determinação da relação ideal de aminoácidos, desde então, vários estudos tentaram determinar a relação ideal para aves e suínos (Fuller et al., 1989; Wang & Fuller, 1989; Baker & Han, 1994; Mack et al., 1999; Baker et al., 2002; Coon, 2004; Dorigam et al., 2015). A grande maioria desses estudos foram propostos para frangos de corte, de forma que existem poucas referências para as outras categorias. Tem-se utilizado diferentes aproximações metodológicas, comumente os autores estimam as necessidades de alguns aminoácidos essenciais em ensaios diferentes e calculam as exigências dos demais aminoácidos através da composição corporal e das penas.

O uso do conceito de proteína ideal consiste em eleger um aminoácido como referência e basear as exigências dos outros aminoácidos como uma proporção desse aminoácido referência. Segundo Baker & Han (1994) e Emmert & Baker (1997), a lisina é utilizada como aminoácido referência por algumas razões: (1) é o primeiro aminoácido limitante nas dietas para suínos e o segundo, depois da metionina + cistina, nas dietas para aves; (2) assim como a treonina, é um aminoácido estritamente essencial, não havendo uma via para síntese endógena; (3) diferente de outros aminoácidos, o metabolismo da lisina é voltado principalmente para a deposição de proteína corporal; (4) sua análise nos alimentos é relativamente simples, diferente do triptofano e aminoácidos sulfurados; (5) e por existir uma grande quantidade de publicações referentes às exigências de lisina para aves.

É importante salientar que a relação ideal dos aminoácidos sofra variações de acordo com a idade do animal, uma vez que a relação das exigências para manutenção, manutenção + crescimento e manutenção + produção são diferentes. Assim, uma vez que esta relação tenha sido estabelecida para certa idade ou período, os estudos para determinar a exigência destes aminoácidos precisam se concentrar em apenas um

único aminoácido referência e a exigência dos demais aminoácidos essenciais é calculada em relação a esse aminoácido referência.

A vantagem da aplicação desse conceito se baseia no fato de que as exigências quantitativas de aminoácidos são constantemente alteradas em função de diversos fatores, porém, ainda que as exigências absolutas de certos aminoácidos possam mudar, as proporções permanecem bastante estáveis (Furuya et al., 2005).

A proteína é um nutriente relativamente caro, além disso a utilização ineficaz da proteína dietética contribui para a excreção de nitrogênio, causando um grande impacto ambiental. Segundo Ferket et al. (2002), para cada 1% de proteína bruta reduzida na dieta há uma redução de até 9% da excreção de nitrogênio. No entanto, reduzir o teor de proteína na dieta mantendo o ótimo desempenho animal só é possível se conhecermos exatamente a exigência animal para todos os aminoácidos essenciais.

Métodos para determinar a relação ideal dos aminoácidos

Método dose-resposta e fatorial

Os métodos utilizados no estabelecimento das exigências nutricionais das aves são: dose resposta e fatorial. O método dose resposta consiste na determinação das exigências nutricionais com base nas respostas de desempenho dos animais submetidos a níveis crescentes do nutriente nas dietas (Sakomura & Rostagno, 2016).

Esse método tem sido utilizado na grande maioria dos estudos para definir as exigências de aminoácidos para as aves, constituindo a base para a elaboração de tabelas como o “Nutrient Requirements of Poultry” (NRC, 1994) e as Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al., 2000; 2005; 2011 e 2017), nas quais são informadas concentrações fixas dos aminoácidos que devem estar presentes nas dietas de acordo com a fase de criação. Entretanto, como os estudos de dose resposta se baseiam na resposta da ave ao aumento gradativo da concentração do aminoácido teste nas dietas, faz-se necessário um ensaio para cada aminoácido avaliado, isso faz com que ocorra aumento nos custos para pesquisa, além de demandar maior tempo para execução (Rollin et al, 2003; Dorigam et al., 2015).

O método fatorial baseia-se no princípio que as aves necessitam dos aminoácidos para a manutenção dos processos vitais e atividades, crescimento e/ou produção de ovos, fracionando a exigência total em proporções adequadas para cada uma dessas finalidades (Sakomura & Rostagno, 2016). Contudo, a aplicação do método fatorial depende da determinação dos parâmetros ou coeficientes que expressam as exigências de manutenção, crescimento e produção, e das eficiências de utilização dos aminoácidos da dieta, a partir de informações obtidas em ensaios dose resposta.

Método da deleção

Introdução ao método da deleção

Este método é uma extensão do que foi encontrado por Bender (1965) com ratos. Segundo Wang & Fuller (1989), se baseia no conceito de que a remoção de um aminoácido não-limitante não tem efeito sobre a retenção de nitrogênio, de maneira que as mudanças da retenção de nitrogênio serão influenciadas pela remoção de uma proporção de cada aminoácido que, por sua vez, são utilizadas para calcular o perfil ideal dos aminoácidos em uma dieta na qual todos os aminoácidos são igualmente limitantes. O aminoácido reduzido se tornará o primeiro limitante na dieta, sendo possível calcular a exigência mínima para cada aminoácido sem que haja efeito sobre a retenção de nitrogênio. A relação ideal entre os aminoácidos é calculada pela relação entre o primeiro aminoácido limitante e o aminoácido presente no perfil da dieta controle.

O método da deleção necessita apenas de uma dieta controle balanceada na qual todos os aminoácidos estão em proporções adequadas, as demais dietas são obtidas a partir da redução parcial (15 a 45%) dos aminoácidos da dieta controle e então, novamente suplementadas para 100% com aminoácidos industriais, exceto para o aminoácido a ser avaliado. Os dados são obtidos através de um único ensaio de balanço de nitrogênio para determinar a retenção de nitrogênio em função da ingestão do aminoácido avaliado, a relação entre esses dois fatores é testada na análise de regressão com os dados obtidos pelas dietas especificamente deficientes em cada aminoácido e com a dieta controle.

A vantagem em relação ao método dose resposta é a necessidade de apenas um ensaio para determinar a relação ideal entre todos os aminoácidos essenciais. Roth et al. (2001) determinaram a relação ideal entre a lisina (100%), metionina (37%), metionina + cistina (70%), treonina (66%), triptofano (14%), isoleucina (63%), leucina (108%), valina (81%), fenilalanina (62%), arginina (108%) e histidina (38%) para frangos de corte em um único ensaio. Enquanto, Mack et al. (1999) realizaram nove ensaios de dose resposta para a relação de lisina (100%), metionina + cistina (75%), treonina (63%), triptofano (19%), arginina (112%), isoleucina (71%) e valina (81%) para aves de 20 a 40 dias de idade.

Outra vantagem do método é que todas as relações de aminoácidos são determinadas simultaneamente, usando o mesmo grupo de animais e a mesma dieta controle, isso permite maior grau de uniformidade e consistência, o que torna mais precisa a determinação das relações ideais dos aminoácidos (Rollin et al., 2003; Dorigam et al., 2015).

Metodologia de Goettingen para determinar a relação ideal

Esta abordagem foi desenvolvida na universidade de Goettingen, Alemanha, para determinar a relação ideal dos aminoácidos e necessita que apenas dois ensaios sejam conduzidos. No primeiro ensaio são determinados os parâmetros do modelo que caracterizam o potencial genético das aves. Esse grupo de pesquisadores preconiza que cada animal possui uma característica genética própria para a sua máxima retenção de nitrogênio (NR_{max}) e está associada à exigência de nitrogênio para manutenção (NMR). Estes parâmetros são determinados em ensaios de balanço de nitrogênio com o uso de dietas com níveis graduais de proteína e estão dispostos na equação $ND = NR_{max}T \times (1 - e^{-b \times NI}) - NMR$ (Samadi & Liebert, 2008).

De posse dessas informações, o próximo passo é determinar as eficiências de utilização dos aminoácidos a partir da equação $b = [\ln(NR_{max}T) - \ln(NR_{max}T - NR)]:NI$ e para isso é necessário outro ensaio de balanço de nitrogênio em que uma dieta controle é formulada contendo todos os aminoácidos em níveis adequados atendendo à relação ideal. Para avaliar os efeitos da deleção do aminoácido na eficiência de utilização da proteína, a dieta controle é diluída com amido para atender uma fração

dos aminoácidos e novamente suplementada com aminoácidos industriais para 100%, exceto o aminoácido estudado (Samadi & Liebert, 2008).

Para uma dada deposição de proteína, a exigência do aminoácido se torna dependente somente da eficiência de utilização determinada para cada aminoácido. Conseqüentemente, é possível comparar as eficiências de utilização de cada aminoácido para determinar um perfil ideal. As eficiências de utilização de cada aminoácido são relacionadas com a eficiência de utilização da lisina, e a relação ideal é obtida pela relação das eficiências bc^{-1} da lisina dividido pelo bc^{-1} dos respectivos aminoácidos (Samadi & Liebert, 2008). De acordo com Wecke & Liebert (2013) e Dorigam et al. (2015), o método de Goettingen tem sido bastante eficaz para determinar a relação ideal dos aminoácidos essenciais, sobretudo, por apresentar menor variação nos resultados em relação às outras metodologias envolvidas nos estudos de deleção.

Objetivo

Determinar os parâmetros genéticos para máxima retenção de nitrogênio (NR_{maxT}) e exigência de nitrogênio para manutenção (NMR) de poedeiras da linhagem Hy-Line nas fases de crescimento e produção (Inicial: 14 a 28; Cria: 56 a 70; Recria: 98 a 112 e Pico de produção: 196 a 220 dias). Com base nestes parâmetros, determinar a relação ideal dos aminoácidos essenciais (lisina, metionina + cistina, treonina, triptofano, isoleucina, leucina, histidina, fenilalanina + tirosina, glicina + serina, valina e arginina) para poedeiras da linhagem Hy-Line nas fases de crescimento e produção (Inicial: 14 a 28; Cria: 56 a 70; Recria: 98 a 112 e Pico de produção: 196 a 220 dias) pelo método da deleção.

Referências

- Baker, D. H. et al. Ideal ratio (relative to lysine) of tryptophan, threonine, isoleucine and valine for chicks during the second and third weeks post hatch. *Poultry Science*, v. 81, n. 4, p. 485-494, 2002.
- Baker, D. H. and Han, Y. Ideal Amino Acid Profile for Chicks During the First Three Weeks Posthatching. *Poultry Science*, v.73, n. 9, p. 1441-1447, 1994.

- Bender, A. E. The balancing of amino acid mixtures and proteins. Proceedings of the Nutrition Society, v. 24, p.190, 1965.
- Coon, C. The ideal amino acid requirements and profile for broilers, layers and broiler breeders. American Soybean Association, St. Louis. MO. 2004.
- Costa, F. G. P. et al. Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras semipesadas alimentadas com dietas contendo óleos de soja e canola. Revista Brasileira de Zootecnia, v.37, n.8, p.1412-1418, 2008.
- Dean, W. F. and Scott, H. M. The development of an amino acid reference diet for the early growth of chicks. Poultry Science, v. 44, p. 803–808, 1965.
- Dorigam, J. C. P. et al. A comparasion of two approches for determining the optimum dietary amino acid ratios of fast-growing broilers. Nutrition modelling for pigs and poultry, 1 ed.: CABI, 2015, p. 283-297.
- Emmert, J. L. and Baker, D.H. Use of the ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in broiler diets. Journal of Applied Poultry Research, v.6 p.462-470, 1997.
- Ferket, P. R. et al. Nutritional strategies to reduce environmental emissions from nonruminants. Journal of Animal Science (Suppl. 2), p. 168–182, 2002
- Fuller M.F. et al. The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. 2. Requirements for maintenance and for tissue protein accretion. British Journal of Nutrition, v. 62, p. 255–267, 1989.
- Furuya, W.M.et al. Aplicação do conceito de proteína ideal para redução dos níveis de proteína em dietas para tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). Revista Brasileira de Zootecnia, v.34, n.5, p.1433-1441, 2005.
- Gruber, K., Roth, F. X. and Kirchgessner, M. Effect of partial dietary amino acid deductions on growth rate and nitrogen balance in growing chicks. Archiv fur Geflugelkunde, v. 64, p. 244-250, 2000.
- Mack, S. et al. Ideal amino acid profile and dietary lysine specification for broiler chickens of 20 to 40 days of age. British Poultry Science, v. 40, p. 257–265, 1999.
- Mitchell, H. H. and Block, R. J. Some relations between the amino acid contents of proteins and their nutritive values for the rat. Journal of Biologica Chemistry, v. 163, p. 599-620, 1946.

- NRC - National Research Council, Nutrient requirements of poultry, Washington: National Academy Press, 9th revised ed., 1994.
- Parsons, C. M. and Baker, D. H. The concept and usage of ideal proteins in the feeding of nonruminantes In: Simpósio Internacional de Produção de Não-Ruminantes; 1994. Maringá, PR. Brasil. p. 119-128.
- Pessoa, G. B. S. et al. Atualização de programas nutricionais para poedeiras. In: XIII Congresso APA de produção e comercialização de ovos, Ribeirão Preto, 2015.
- Rollin, X. et al. The optimum dietary indispensable amino acid pattern for growing Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) fry. British Journal of Nutrition, v. 90, p. 865-876, 2003.
- Rostagno, H. S. et al. Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais. 4ª ed. UFV/DZO, 2017, 488p
- Rostagno, H. S. et al. Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais. 3ª ed. UFV/DZO, 2011, 252p.
- Rostagno, H. S. et al. Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais. 2ª ed. UFV/DZO, 2005, 186p.
- Rostagno, H. S. et al. Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais. 1ª ed. UFV/DZO, 2000, 141p.
- Roth, F. X. et al. The ideal dietary amino acid pattern for broiler chicks of age 7 to 28 days. Archiv für Geflügelk, v.65, p. 199–206, 2001.
- Sakomura, N.K.; Rostagno, H.S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2016, 262p.
- Samadi, and Liebert, F. Modelling the optimal lysine to threonine ratio in growing chickens depending on age and efficiency of dietary amino acid utilization. British Poultry Science, v. 49, p. 45–54, 2008.
- Wang, T. C. and Fuller, M. F. The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. I. Experiments by amino acid deletion. British Journal of Nutrition, v. 62, p. 77–89, 1989.
- Weck, C and Liebert, F. Improving the reliability of optimal in-feed amino acid ratios based on individual amino acid efficiency data from N balance studies in growing chickens. Animals, v. 3, p. 558-573, 2013.

CAPÍTULO 5 – Considerações finais

As aves possuem uma exigência diária de proteínas, ou seja, necessitam de uma determinada quantidade de aminoácidos para manterem suas funções vitais, reprodutivas e produtivas. As deficiências ou desbalanços nutricionais, especialmente na fase de cria e recria podem ocasionar problemas na fase adulta, refletindo na produção de ovos. Assim, o manejo adequado nas fases que antecedem a postura corresponde com precisão o potencial produtivo desses animais na fase onde há retorno econômico da criação. Na fase de produção, o ajuste no nível de aminoácidos da dieta é de grande importância, uma vez que há demanda desses nutrientes para a síntese de ovo.

O conceito da proteína ideal contribui imensamente para melhorar o aproveitamento da proteína dietética e assim formular rações com menor custo e com menor excreção de compostos nitrogenados para o ambiente, reduzindo os impactos da produção comercial no meio ambiente. Dessa forma, foram padronizadas duas metodologias para aves em crescimento e em produção. Ambas metodologias utilizam os mesmos princípios do método da deleção apresentados no primeiro capítulo, entretanto, utilizam abordagens diferentes para os cálculos e, também, diferentes interpretações biológicas para os parâmetros utilizados.

Enquanto o método de Goettingen considera os principais fatores que determinam a resposta animal, como genótipo e idade para determinar a eficiência de utilização dos aminoácidos e a partir dela obter a relação ideal, o método de Louvain determina as exigências por uma equação de fácil aplicação e relaciona com a exigência de lisina.

Embora a metodologia de Goettingen tenha sido padronizada para frangos de corte e matrizes pesadas, ainda estava em fase de estudo o uso desta metodologia em poedeiras em crescimento e produção. Inicialmente, para as fases de crescimento, foi necessário determinar o máximo potencial teórico de retenção de nitrogênio (NR_{maxT}) e suas exigências de manutenção no segundo capítulo. É importante lembrar que o valor estimado do NR_{maxT} é um valor teórico, usado apenas com referência do máximo potencial aplicado nas estimativas das exigências de aminoácidos para estas aves.

Os valores de máximo potencial teórico de retenção de nitrogênio (NR_{maxT}) e exigências de manutenção determinados para cada fase de crescimento no capítulo 2 foram utilizados para os cálculos de eficiência de utilização dos aminoácidos e determinação do perfil ideal dos aminoácidos essenciais para frangas em crescimento no capítulo 3. Um ensaio semelhante aos executados nos capítulos 2 e 3 foi desenvolvido no capítulo 4, porém com o fator “ovo” que precisa ser considerado.

Nos capítulos 3 e 4, foi desenvolvida a metodologia de Louvain simultaneamente a metodologia de Goettingen, utilizando os dados obtidos nos ensaios de balanço de nitrogênio para o cálculo das exigências dos aminoácidos essenciais para obter a relação ideal. Apesar da praticidade desta metodologia, devemos lembrar que ela é vantajosa apenas para determinar a relação ideal dos aminoácidos essenciais e não é recomendada para determinar as exigências nutricionais dos animais já que a técnica usa um número menor de níveis nutricionais. Como enfatizado pelos pesquisadores de Louvain que desenvolveram a equação para estimar a exigência pelo método da deleção, as recomendações resultantes dos cálculos são apenas usadas como referência para determinar a relação ideal dos aminoácidos e não para recomendar níveis práticos. Para determinar as exigências nutricionais dos animais ainda é mais adequado realizar ensaios pelo método dose-resposta sobretudo para lisina, que é o aminoácido referência pelo conceito da proteína ideal.

A grande vantagem dessas duas metodologias é a redução no tempo e custo da pesquisa para estimar as exigências dos aminoácidos essenciais e suas relações com a lisina quando comparadas com o método dose-resposta que tem sido utilizado atualmente para a determinação da relação ideal dos aminoácidos. Assim, neste estudo foi proposto um novo perfil ideal de aminoácidos que representa melhor o estado fisiológico das aves.