



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**DETERMINAÇÃO DO SEGUNDO AMINOÁCIDO LIMITANTE
PARA CODORNAS JAPONESAS**

DANILO TEIXEIRA CAVALCANTE
Zootecnista

**AREIA – PB
SETEMBRO – 2013**

DANILO TEIXEIRA CAVALCANTE

**DETERMINAÇÃO DO SEGUNDO AMINOÁCIDO LIMITANTE PARA
CODORNAS JAPONESAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Comitê de orientação

Prof. Dr. Fernando Guilherme Perazzo Costa - Orientador principal

Prof. Dr. Edilson Paes Saraiva

Prof. Dra. Patrícia Emília Naves Givisiez

**AREIA – PB
SETEMBRO – 2013**

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.

C376i Cavalcante, Danilo Teixeira.

Determinação do segundo aminoácido limitante para codornas japonesas/ Danilo
Teixeira Cavalcante. - Areia: UFPB/CCA, 2013.
60 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade
Federal da Paraíba, Areia, 2013.

Bibliografia.

Orientador: Fernando Guilherme Perazzo Costa.

Coorientadores: Edilson Paes Saraiva e Patrícia Emília Náves Givisiez.

1. Codornas 2. Aminoácidos 3. Dieta animal I. Costa, Fernando Guilherme
Perazzo (Orientador) II. Título.

UFPB/CCA

CDU: 636.59



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

TÍTULO: “Determinação do segundo aminoácido limitante para codornas japonesas”

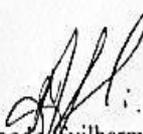
AUTOR: Danilo Teixeira Cavalcante

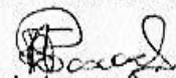
ORIENTADOR: Prof. Dr. Fernando Guilherme Perazzo Costa

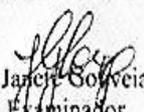
JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES:


Prof. Dr. Fernando Guilherme Perazzo Costa
Presidente
Universidade Federal da Paraíba


Prof. Dr. Leonardo Augusto Pascoal Fonseca
Examinador
Universidade Federal da Paraíba


Profa. Dra. Jansen Gouveia de Souza
Examinador
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Areia, 6 de setembro de 2013

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

DANILO TEIXEIRA CAVALCANTE - Filho dos agricultores Décio Teixeira de Macêdo Neto e Josefa Lucicleide Cavalcante Macêdo, nasceu no dia 09 de maio de 1988 na cidade de Capoeiras, no Estado de Pernambuco. Prestou vestibular para o curso de Zootecnia na Universidade Federal de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Garanhuns em 2007, onde formou-se em fevereiro de 2012. No mesmo ano ingressou no Curso de Mestrado em Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba, sob orientação do Prof. Dr. Fernando Guilherme Perazzo Costa. Em setembro de 2013 se submeteu a defesa de dissertação, obtendo o título de Mestre em Zootecnia.

“Revela ao Senhor tuas tarefas e teus projetos se realizarão”

(Provérbios 16, 3)

*Aos meus pais, Décio Teixeira e Cleidinha Cavalcante.
Pois não há maiores merecedores!*

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus pela demonstração de Seu amor e cuidado para comigo ao longo da minha vida, e que sempre oferece novas oportunidades de reconhecimento de nossos erros.

Aos meus pais, pela educação que recebi, pelo apoio e incentivo, proporcionando-me a oportunidade que não tiveram.

Aos meus queridos irmãos e toda minha família pelas palavras de incentivo e animo para conclusão de mais esta etapa.

À minha namorada e sempre amiga, Aline Costa, pelo amor incondicional, paciência, companheirismo, dedicação e incentivo.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFPB e a todos os professores do programa que contribuíram para minha formação profissional, em especial ao Prof. Edilson Saraiva e a Profª. Patricia Givisiez, pela contribuição neste trabalho.

Ao Prof. Fernando Guilherme pela orientação, oportunidade, ensinamentos e pelas palavras de incentivo nessa etapa tão importante em minha vida.

Aos funcionários do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, a secretária D. Graça Medeiros e a copeira D. Carmem, pela receptividade.

Aos amigos do Grupo de Estudos em Tecnologias Avícolas (GETA), em especial a Danilo Vargas, Cleber Franklin, Bruno Lobato, Sarah Pinheiro, Rafael Souza, Angelo Sousa, Clariana Santos, Guilherme Lima, Leonilson Dantas e Lavosier Cavalcante, pela ajuda na condução dos trabalhos, pelos ensinamentos técnico-científicos e pela amizade. Sem vocês eu não teria chegado até aqui.

Aos funcionários do Setor de Avicultura, Ramalho, Francisco Ademir e a Josivaldo (Josa), pela ajuda.

Aos amigos e colegas que conheci em Areia-PB, em especial aos amigos de hoje e de sempre, Heraldo Bezerra e Mariana Maciel, pela paciência e aconselhamentos.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Enfim, esta Dissertação é o resultado de muito trabalho e dedicação. Muitos outros que não foram citados contribuíram para que eu chegasse até aqui. Agradeço a todos aqueles que direta ou indiretamente, participaram desta conquista.

Muito Obrigado!

SÚMARIO

	Página
LISTA DE TABELAS	x
RESUMO GERAL	xi
ABSTRACT	xii
CONSIDERAÇÕES GERAIS	13
CAPÍTULO I	15
REFERENCIAL TEÓRICO	15
EXIGÊNCIAS DE AMINOÁCIDOS ESSENCIAIS PARA CODORNAS JAPONESAS	15
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30
CAPÍTULO II	37
DETERMINAÇÃO DO SEGUNDO AMINOÁCIDO LIMITANTE PARA CODORNAS JAPONESAS	37
RESUMO GERAL	38
ABSTRACT	39
INTRODUÇÃO	39
MATERIAL E MÉTODOS.....	41
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
CONCLUSÕES	566
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Composição percentual e química das dietas experimentais da fase de 1-21 dias	42
Tabela 2. Composição percentual e química das dietas experimentais da fase 22-42 dias	43
Tabela 3. Composição percentual e química das dietas experimentais da fase de postura.....	44
Tabela 4. Desempenho de codornas japonesas com idade de 1 a 21 dias.....	48
Tabela 5. Desempenho de codornas japonesas com idade de 22 a 42 dias.....	50
Tabela 6. Desempenho de codornas japonesas na fase de postura.....	52
Tabela 7. Peso dos constituintes de ovos de codornas japonesas	54

DETERMINAÇÃO DO SEGUNDO AMINOÁCIDO LIMITANTE PARA CODORNAS JAPONESAS

RESUMO GERAL

Objetivou-se determinar o segundo aminoácido limitante para codornas japonesas alimentadas com dietas compostas principalmente por milho e farelo de soja. Foram utilizadas 1296 codornas japonesas, fêmeas, divididas em três experimentos. O experimento I foi conduzido com aves com idade de 1-21 dias; o experimento II com aves de 22-42 dias e o experimento III com aves em fase de postura. Os tratamentos nos três experimentos consistiam em redução da proteína bruta em sete pontos percentuais, aproximadamente, com a suplementação de DL-metionina mais um L-aminoácido essencial: T1 (Met); T2 (T1+Lys); T3 (T1+Thr); T4 (T1+Trp); T5 (T1+Val); T6 (T1+Arg), T7 (T1+Ile) e T8 (Todos). Os parâmetros avaliados foram consumo de ração (g/ave), ganho de peso (g/ave), conversão alimentar (g/g), taxa de postura (%), peso médio dos ovos (g), massa dos ovos (g), conversão alimentar por massa de ovos (kg de ração/kg de ovo), conversão alimentar por dúzia de ovos (kg de ração/dúzia de ovos), peso médio dos constituintes (gema, albúmen e casca) dos ovos (g), espessura de casca (mm) e gravidade específica (g/cm³). O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado e o teste para comparação de médias foi o SNK a 5% de probabilidade. Para os resultados de desempenho de 1-21 e 22-42 dias, o ganho de peso e a conversão alimentar foram afetados pela suplementação aminoacídica, sendo o tratamento que atendia as exigências mínimas de metionina+cistina e lisina o que proporcionou os melhores resultados. Na fase de postura, o consumo de ração, a produção de ovos, a massa de ovo, conversão por massa e por dúzia, peso de gema e peso de albúmen foram afetados pelas diferentes suplementações aminoacídicas. Conclui-se que o segundo aminoácido limitante para codornas japonesas nas fases de 1-21 e 22-42 dias, é a lisina. Na fase de postura, não foi possível determinar o segundo aminoácido limitante, sendo necessário o atendimento das exigências de metionina+cistina, lisina, treonina, triptofano, valina, arginina e isoleucina digestíveis para obtenção de melhores resultados.

PALAVRAS-CHAVE: *Coturnix coturnix japonica*, crescimento, desempenho, lisina, produção de ovos

DETERMINATION OF THE SECOND LIMITING AMINO ACID FOR JAPANESE QUAILS

ABSTRACT

This study aimed to determine the second limiting amino acid for Japanese quails fed with corn and soybean meal. Were used 1296 Japanese quail, females, divided into three experiments. The first experiment was conducted with birds aged 1-21 days, the second experiment with birds of 22-42 days and the experiment III with birds laying phase. The treatments in the three experiments consisted of reduction of crude protein in seven percentage points, approximately, with supplementation of the DL-methionine plus an L-amino acid essential: T1 (Met), T2 (T1+Lys), T3 (T1+Thr) and T4 (T1+Trp), T5 (T1+Val), T6 (T1+Arg), T7 (T1+Ile) and T8 (All). The parameters evaluated were feed intake (g/bird), weight gain (g/bird), feed conversion (g/g), laying rate (%), average egg weight (g), egg mass (g), feed conversion per egg mass (kg feed/kg egg), feed conversion per dozen eggs (kg feed/dozen eggs), average weight of constituents (yolk, albumen and shell) eggs (g), bark thickness (mm) and specific gravity (g/cm³). The statistical design was a completely randomized and the test for comparison of means was SNK at 5% probability. For performance results of 1-21 and 22-42 days, the weight gain and feed conversion were affected by amino acid supplementation. In the laying phase, feed intake, egg production, egg mass, and mass conversion per dozen, yolk weight and albumen weight were affected. We conclude that the second limiting amino acid for Japanese quails in phases 1-21 and 22-42 days, is lysine. During the laying period, it was not possible to determine the second limiting amino acid, meeting the requirements of methionine + cystine, lysine, threonine, tryptophan, valine, arginine and isoleucine digestible to obtain better results is required.

KEYWORDS: *Coturnix coturnix japonica*, egg production, growth, lysine, performance

CONSIDERAÇÕES GERAIS

A coturnicultura brasileira tem obtido destaque no cenário agropecuário nos últimos anos. Este progresso se deve a diversos aspectos relacionados à espécie e a fatores relacionados à produção. As codornas japonesas são animais que apresentam crescimento rápido e maturidade sexual precoce, além de elevada taxa de postura e vida produtiva.

As formulações de rações para codornas são baseadas no NRC (1994) que apresentam exigências nutricionais de aves destinadas à criação em outros países, no entanto, é perceptível a discrepância entre extrapolações nos níveis nutricionais e as condições ambientais, o que pouco condizem com a realidade do Brasil, influenciando no desempenho dos animais. Neste sentido, algumas pesquisas foram conduzidas no Brasil nos últimos anos e foram publicadas nas Tabelas para Codornas Japonesas e Europeias e nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Silva & Costa, 2009; Rostagno et al, 2011) buscando estabelecer exigências destas aves no país.

Embora esforços tenham sido destinados a estabelecer as exigências nutricionais destas aves, conceitos básicos na nutrição de codornas e que são pertinentes ao sucesso da formulação de rações e conseqüentemente a criação, ainda não foram bem elucidados.

A proteína bruta é um dos nutrientes mais importantes para o desempenho animal. É a partir da digestão da proteína dietética que os aminoácidos tornam-se disponíveis e em seguida absorvidos e destinados aos processos metabólicos no organismo animal, resultando em deposição de tecidos, síntese de enzimas, hormônios e outras moléculas proteicas e geração de energia.

Embora se apresente crucial à vida do animal, as exigências que os animais apresentam não são de proteína bruta em si, e sim de aminoácidos. Para cada aminoácido, o animal apresenta uma exigência mínima e quando esta exigência não é atendida torna-se limitante do desempenho animal. Neste sentido, o atendimento mínimo de cada aminoácido segue uma ordem de limitação sendo esta ordem de limitação influenciada por diferentes fatores como a idade do

animal, função fisiológica e ingredientes básicos utilizados na formulação das rações.

É fundamental à formulação de rações, conhecer a ordem de limitação dos aminoácidos para que as exigências sejam atendidas, caso contrário, a suplementação, por exemplo, do segundo aminoácido limitante na dieta (lisina) quando o primeiro aminoácido limitante (metionina) não foi atendido, passa a prejudicar o desempenho das aves, pois a síntese protéica é interrompida e o aminoácido excedente necessita ser excretado, em um processo com alto custo energético.

Em dietas compostas principalmente por milho e farelo de soja, tem-se a metionina como primeiro e a lisina como segundo limitantes para frangos de corte e galinhas poedeiras. No entanto, para codornas japonesas ou européias, confirma-se apenas a metionina como o primeiro limitante; mais pesquisas são necessárias para definição do segundo.

Assim, objetivou-se determinar o segundo aminoácido limitante para codornas japonesas, nas fases de cria, recria e postura, recebendo dietas à base de milho e farelo de soja.

CAPÍTULO I

REFERENCIAL TEÓRICO

EXIGÊNCIAS DE AMINOÁCIDOS ESSENCIAIS PARA CODORNAS JAPONESAS

Breve histórico sobre codornas

A codorna é originária do norte da África, da Europa e da Ásia, pertencendo à ordem dos Galináceos, família dos Fasianídeos (Phasianidae), da subfamília dos Perdicionidae e do gênero *Coturnix*, sendo, portanto, da mesma família das galinhas e perdizes. As codornas atualmente criadas em cativeiro são o resultado de vários cruzamentos efetuados no Japão e na China, a partir da subespécie selvagem *Coturnix coturnix coturnix*.

A *Coturnix coturnix japônica*, comumente chamada de “doméstica” ou “japonesa”, é criada preferencialmente para produção de ovos, enquanto que a *Coturnix coturnix coturnix*, também conhecida como “selvagem” ou “européia”, é empregada para a produção de carne.

A codorna japonesa foi introduzida no Brasil após 1950 e recentemente tem-se verificado um aumento na exploração destas aves, principalmente nas regiões sudeste, nordeste e sul do país. Em 2010, o plantel de codornas no Brasil foi estimado em 12.992.269 milhões de aves alojadas, obtendo aumento de 21,8% em relação a 2009. Juntamente com o crescimento do plantel, foi observado também aumento na produção de ovos em torno de 17,3% em 2010, ultrapassando 193 milhões de dúzias de ovos de codornas (IBGE, 2010).

Os principais aspectos relacionados para o desenvolvimento da coturnicultura são o rápido crescimento das aves, a precocidade na produção e na maturidade sexual (35 a 42 dias de idade), alta produtividade de ovos, a longevidade em alta produção (14 a 18 meses), o baixo investimento inicial de capital e o rápido retorno financeiro.

Necessidade protéica das aves

A proteína é um dos nutrientes mais importantes para o desenvolvimento da ave, no entanto, os animais não apresentam exigências em proteína bruta em si, mas para cada um dos aminoácidos essenciais que a compõem e para uma quantidade de nitrogênio que seja suficiente para síntese dos aminoácidos não essenciais.

Os aminoácidos são utilizados para síntese de proteína corporal, de proteínas de transporte de outros nutrientes (lipoproteínas) e de oxigênio (hemoglobina), síntese de hormônios e enzimas, ainda podem atuar como fonte secundária de energia em casos de jejum prolongado após serem catabolizados.

As exigências de aminoácidos variam diretamente com a taxa de crescimento das aves. Assim, proporcionalmente aos demais nutrientes consumidos por dia, diminuem em paralelo à redução do crescimento com a idade (Han & Baker, 1991). Define-se um ótimo nível proteico da dieta àquele suficiente para atender as exigências em aminoácidos para máximo desempenho as aves.

Assim, a ave necessita ingerir, digerir, absorver, transportar e metabolizar (anabolismo e catabolismo) os aminoácidos contidos na proteína da dieta para então, sintetizar as proteínas orgânicas. No processo metabólico dos aminoácidos estão envolvidos a síntese e degradação das proteínas, incorporação do nitrogênio dos aminoácidos ao ácido úrico, conversão dos esqueletos de carbono em glicose, gordura, energia ou CO₂ e H₂O (Kidd & Kerr, 1996). Esse processo é complexo e é regulado por um sistema hormonal organizado e um sistema enzimático específico (Moreira et al., 2004).

Segundo Schmidt et. al., (2008), a redução da proteína bruta das rações tem se tornado corriqueiro na formulação de rações para aves. Este fato é conseguido através do uso de aminoácidos cristalinos que proporcionam ao nutricionista formular rações no conceito de proteína ideal, atendendo as exigências dos aminoácidos mais limitantes. Conforme a proteína dietética vai reduzindo, a necessidade de suplementação com esses aminoácidos aumenta.

Atualmente, o uso de DL-metionina e L-lisina-HCL na formulação para frangos de corte, galinhas poedeiras e codornas, e mais recente a L-treonina, é uma prática comum nas grandes empresas avícolas e de acordo com Bertechini (2012), a L-valina é forte concorrente a ser o próximo aminoácido a ser incluído na lista como ingredientes utilizados nas formulações.

Segundo Baker (2009), existe limites para que a quantidade de proteína intacta seja substituída por aminoácidos disponíveis em termos de máximo desempenho das aves. A fixação de um nível mínimo de proteína bruta na

formulação continua sendo utilizado para garantir o fornecimento de aminoácidos e ótimo desempenho dos animais. Esse fato desconsidera o balanço aminoacídico e eventuais excessos desses nutrientes.

O organismo animal não armazena excesso de aminoácidos. Após processo de desaminação, o nitrogênio presente é excretado na forma de ácido úrico e os esqueletos carbônicos são utilizados como fonte secundária de energia (Lehninger, 1991). A excreção do nitrogênio requer um custo elevado de energia metabólica, em torno de 3,75 ATPs/mol, que poderia ser destinado à produção animal. Ademais, o nitrogênio excretado é considerado um potente poluidor ambiental.

Aminoácidos limitantes para aves

O atendimento das exigências de cada aminoácido para o melhor desempenho animal segue uma ordem de prioridade. Bertechini (2012) define aminoácido limitante como os que estão presentes nas dietas em concentrações menores do que a exigida pelo animal para o máximo crescimento e desempenho. Assim, numa mesma ração pode estar um ou mais aminoácidos ao mesmo tempo, seguindo uma ordem de limitação. Uma vez atingida à exigência mínima do primeiro, o próximo é que limitará o desempenho e assim sucessivamente.

Para que ocorra a síntese protéica, todos os aminoácidos componentes da proteína devem estar presentes em nível celular, no local da síntese. Esta presença deve ser em termos qualitativo e quantitativo, ou seja, devem existir todos os aminoácidos necessários e na proporção relativa correta (perfil ideal de aminoácidos) (Berres, 2010).

A função nutricional e fisiológica que o aminoácido desempenha no organismo animal é que revela seu nível mínimo de fornecimento de acordo com a idade, estado fisiológico e estado de saúde, além do que, as exigências nutricionais das aves são dependentes da fase de desenvolvimento. Desta forma, é importante ter o conhecimento da ordem de limitação em todas as fases de vida, visto que seu crescimento é marcado por alguns aspectos fisiológicos determinantes, como formação óssea e muscular, empenamento e formação do aparelho reprodutor.

Nas formulações compostas principalmente por milho e farelo de soja para frangos de corte e galinhas poedeiras, a metionina e a lisina apresentam-se como o primeiro e segundo aminoácido limitante, respectivamente. O terceiro limitante para frangos é a treonina e o triptofano para poedeiras. Em pesquisas recentes com frangos de corte (Corzo et al., 2009; Berres et al., 2010; Goulart, 2010), a valina e a isoleucina são defendidas como o quarto e o quinto aminoácido limitante após a treonina em dietas compostas principalmente por milho e farelo de soja, isentas de ingredientes de origem animal.

Para codornas japonesas e europeias, Mandal et al. (2005) e Parvin et al. (2009) definem como primeiro limitante em dietas compostas principalmente de milho e farelo de soja, a metionina. A treonina é evidenciada como o segundo aminoácido limitante por Mandal et al. (2006), no entanto, mais pesquisas necessitam ser conduzidas.

A ordem de limitação é influenciada por fatores como idade do animal, função fisiológica e quanto aos ingredientes que compõem as rações destes animais. Aves mais novas ou pintainhos recebem dietas com maior nível proteico e pelo fato da maior excreção de ácido úrico, a glicina é exigida em maior concentração, assim, podendo se tornar limitante ao desempenho das aves. Já a função fisiológica (produção de carne, ovo ou leite) afeta a ordem de limitação devido ao aumento das necessidades em alguns aminoácidos para intensa síntese proteica para manutenção e produção (Bertechini, 2012).

A utilização de diferentes ingredientes na dieta de não-ruminantes preverem o balanço de aminoácidos que atendam as exigências em aminoácidos digestíveis, no entanto, a combinação entre milho e farelo de soja não atende as necessidades das para aves, sendo é necessária a suplementação com aminoácidos cristalinos. Este fato é atribuído ao perfil de aminoácidos que cada ingrediente apresenta. O milho é rico em aminoácido sulfurados (SAA), já o farelo de soja é rico em lisina. Fernandez et al. (1994) testaram a ordem de limitação do milho e do farelo de soja com frangos de corte dos 8-22 dias de idade. Estes autores definiram que para o milho, a ordem de limitação é (1) lisina, (2) treonina, (3) triptofano, (4) arginina, valina e isoleucina (4 igualmente limitantes), (5) SAA, (6) fenilalanina + tirosina e (7) histidina. Para farelo de soja, a ordem de limitância foi

de (1) SAA, (2) treonina, (3) lisina e valina (igualmente limitante), (4) aminoácidos de nitrogênio não específico, e (5) a histidina.

Exigências em aminoácidos digestíveis para codornas japonesas

São conhecidos aproximadamente vinte e três aminoácidos que compõem as proteínas, e o que as distingue uma da outra é o perfil destes aminoácidos. Cerca da metade deles são sintetizados pelo próprio organismo (Bertechini, 2012).

Nutricionalmente, os aminoácidos são classificados em essenciais e não essenciais. Os aminoácidos essenciais necessitam ser fornecidos via dieta por não serem sintetizados pelo animal em velocidade suficiente para atender suas necessidades para máximo desempenho. Já os aminoácidos não essenciais são sintetizados pelo organismo animal a partir de outros aminoácidos presentes na ração de maneira que, se faltam na dieta, não afetam o desempenho do animal.

Os aminoácidos essenciais considerados para aves são: metionina, lisina, treonina, valina, isoleucina, triptofano, fenilalanina, histidina, arginina e leucina.

Segundo Bertechini (2012), a glicina é considerada um aminoácido essencial para aves na fase inicial. Nos primeiros dias de vida, os pintos recebem rações de alto nível protéico, além de trazer consigo uma reserva protéica do ovo que provoca sobrecarga hepática para a síntese de ácido úrico para eliminar o excesso de nitrogênio do metabolismo. Para cada molécula de ácido úrico excretada há perda de uma molécula de glicina pelas aves (Waldroup et al., 2005).

Metionina

A metionina é tida como um aminoácido essencial, considerado como primeiro aminoácido limitante em rações para aves à base de milho e farelo de soja. É o principal doador de grupo metil (S-adenosilmetionina) para diversas reações metabólicas (Warnick & Anderson, 1968), participa diretamente da síntese protéica sendo o aminoácido que inicia a tradução do RNAm e em seguida incorporado na posição N-terminal de todas as proteínas (D'Mello, 2003).

A metionina é utilizada como fonte alternativa de cistina (processo não-reversível), desempenhando funções especiais na estrutura de muitas proteínas (hormônio insulina, imunoglobulinas) interligando cadeias polipeptídicas através

de pontes dissulfeto (Lehninger, 1991). A cistina participa da síntese de queratina das penas (Bonato et al. 2011), sendo em torno de 2% da metionina e 25% da cistina da dieta direcionadas para o desenvolvimento das penas (Leeson & Summers, 1997). Em casos severos de deficiência dietética de metionina ou cistina é possível observar o empenamento lento das aves (Robel, 1977). Segundo Wylie et al. (2001) quando há deficiência de cisteína, a deposição de nutrientes no músculo do peito pode ser reduzida, porque a síntese de queratina é uma prioridade.

Outra função importante relacionado à metionina são melhorias na resposta imune das aves, em função do aumento da produção de imunoglobulinas G (Al-Mayah, 2006).

Os ingredientes vegetais normalmente utilizados na dieta de aves, milho e farelo de soja, não atendem as exigências em aminoácidos sulfurados, sendo necessário o fornecimento de metionina na forma cristalina. No mercado encontra-se disponível a DL-metionina e metionina hidroxí análoga (MHA) que praticamente são incorporadas em todas às rações de frangos de corte, poedeiras e codornas.

Nas Tabelas para Codornas Japonesas e Europeias (Silva & Costa, 2009), os níveis de metionina+cistina (met+cis) digestível para codorna japonesas nas fases de cria, recria, postura I e postura II, preconizados são 0,80; 0,74; 0,70 e 0,72%, com relações met+cis digestível: lisina digestível de 68, 70, 68 e 68%, respectivamente. Já nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al., 2011), a exigência estabelecida de met+cis digestível é de 0,760% nas fases de cria e recria e de 0,887% na fase de postura, correspondendo a uma relação com a lisina digestível de 68 e 82%, respectivamente.

Pinto et al. (2003a), trabalhando com codornas japonesas de 7 a 42 dias, recebendo dieta com 20% de proteína bruta e cinco níveis de met+cis digestíveis (0,610, 0,667, 0,725, 0,782 e 0,863%), encontraram melhor resultados de desempenho e empenamento ao nível de 0,758%, correspondendo a uma relação de 66% com a lisina digestível. Lima (2012) avaliando cinco níveis de met+cis digestíveis (0,567; 0,630; 0,693; 0,756 e 0,819%) com 20,5% de proteína bruta para codornas com 1 a 40 dias, observou efeito linear e melhor desempenho ao

nível de 0,766% de met+cis, correspondendo a uma relação de 73% com a lisina digestível.

Na fase de postura, Pinto et al. (2003b) trabalhando com 19,3% de proteína bruta e cinco níveis de met+cis digestíveis (0,592; 0,637; 0,683; 0,728 e 0,774%), observou melhor resposta de produção de ovos e massa de ovos quando as aves foram submetidas à dieta com 0,727% de met+cis, numa relação de 80% com a lisina digestível. No entanto, Garcia et al. (2005) utilizando três níveis de proteína bruta (16; 18 e 20%), três níveis de met+cys (0,700; 0,875 e 1,050%) e dois níveis de lisina (1,100 e 1,375%), não encontraram nenhum efeito de met+cis digestíveis para os mesmos parâmetros avaliados.

Costa et al. (2009) trabalhando com cinco níveis de met+cis digestíveis (0,550; 0,610; 0,670; 0,730 e 0,790%) e 20% de proteína bruta, observaram que o aumento dos níveis de met+cis foi suficiente para afetar a produção de ovos, massa de ovos, conversão por massa e por dúzia de ovos de forma quadrática e o peso médio do ovo, de uma forma linear, observando 0,696% como melhor nível de met+cis. Diferentemente, Scottá et al. (2011) não encontrou diferença significativa em nenhum destes parâmetros avaliados quando submeteu as aves a dois níveis de proteína bruta (19,5 e 21,5%) e cinco níveis de met+cis digestível (0,600; 0,670; 0,740; 0,810 e 0,880%). Reis et al. (2011) forneceram 19,6% de proteína bruta e seis níveis de met+cis digestíveis (0,650, 0,700; 0,750; 0,800; 0,850 e 0,900%), observaram efeito quadrático dos níveis de met+cis com melhores resultados para produção e melhor qualidade do ovo ao nível de 0,850% de met+cis digestíveis numa relação de 84% com a lisina digestível.

Lisina

Não sendo sintetizada pelo organismo animal, a lisina é considerado um aminoácido fisiologicamente essencial para a manutenção, crescimento e produção das aves, tendo como principal função a síntese de proteína muscular. É importante também para síntese de tecido ósseo (Vieira, 1999) e de carnitina, que atua no transporte de ácidos graxos para a β -oxidação na mitocôndria.

Em rações compostas principalmente por milho e farelo de soja, a lisina é o segundo aminoácido limitante depois da metionina, para frangos de corte e poedeiras. Para codornas, pesquisas ainda não confirmam este fato.

Este aminoácido apresenta uma função peculiar e muito importante nas formulações de rações pelo conceito de proteína ideal. É considerada como aminoácido referência, ou seja, a determinação das exigências dos demais aminoácidos é determinada em relação à lisina (aminoácido: lisina). Os fatores que conferem à lisina esta função são devido a sua fácil determinação analítica, por ser utilizada quase que exclusivamente síntese de proteína corporal, tem alta exigência metabólica, existem diversos trabalhos para determinação de sua exigência e digestibilidade e não é passível de transaminação.

Desta forma, uma informação precisa sobre a necessidade de lisina digestível pela ave é fundamental, visto que qualquer erro na determinação da exigência de lisina resultará em erros nas necessidades de todos os outros aminoácidos (Duarte & Junqueira, 2013).

Silva & Costa (2009) recomendam 1,190; 1,050; 1,030 e 1,050% para as fases de cria, recria, postura I e postura II, respectivamente. Rostagno et al. (2011) recomendam 1,120 e 1,075% de lisina digestível para as fases de cria/recria e postura, respectivamente.

As exigências de lisina digestível de codornas japonesas nas fases de cria e recria, foram avaliadas por Moura et al., (2007) que estudaram cinco níveis de lisina digestível (0,900; 1,050; 1,200; 1,350; e 1,500%) em dietas com o nível de 20,7% de proteína bruta. Estes autores observaram que 0,900% e consumo diário de 96 mg/dia/ave de lisina digestível, foram suficientes para proporcionar o melhor desempenho nesta fase.

Na fase de postura, Oliveira et al. (1999) testaram uma ração testemunha com 19% de proteína bruta contendo 1% de lisina digestível e mais quatro rações com redução para 14,1% de proteína com suplementação até atingir os níveis (0,650; 0,850; 1,050; 1,250 e 1,450%) de lisina digestível, concluíram que para o melhor desempenho das aves alimentadas com rações com 14,1% de proteína bruta é necessário a utilização de L-lisina HCL até o nível 1,080%, para maior

taxa de produção e melhor peso médio dos ovos, correspondendo a um consumo diário de 206 mg/dia/ave de lisina digestível.

Ribeiro et al. (2003) avaliaram dois níveis de proteína bruta (20 e 23%) e cinco níveis de lisina digestível (0,800; 0,950; 1,100; 1,250 e 1,400%) em esquema fatorial, observaram interação para o parâmetro de produção de ovos, sendo 20% e 1,070% os melhores níveis de proteína bruta e lisina digestível, respectivamente. Resultados semelhantes foram encontrados por Costa et al. (2008), que observaram melhor desempenho das aves quando foram alimentadas recebendo 292 mg/dia/ave, correspondendo ao nível de 1,030% de lisina digestível e 20% de proteína bruta.

Pinto et al. (2003) encontraram necessidades diárias de lisina digestível maiores quando as aves são alimentadas com 19,5% de proteína bruta, correspondendo a 254 mg/dia/ave de lisina digestível. De forma semelhante, Demuner et al. (2009a) num primeiro avaliaram cinco níveis de lisina digestível (0,770; 0,850; 0,930; 1,010 e 1,090%), alimentadas com dietas contendo 19,5 e em seguida, os mesmos níveis usando 21,5% de proteína bruta (Demuner et al., 2009b), com cinco níveis de, concluíram que a exigência de lisina digestível foi estimada em 1,090 e 0,949%, respectivamente. No entanto, Ribeiro et al. (2013), em rações com 20,3% de proteína bruta, não encontraram diferenças dos níveis de lisina digestível (0,950; 1,000; 1,050; 1,100; 1,150 e 1,200%) sobre a produção de ovos. Porém, foi possível observar efeito quadrático sobre o peso do ovo, massa de ovo e conversão por massa de ovos, ao nível de 1,120% de lisina digestível, correspondendo a um consumo diário de lisina de 273,23 mg/dia/ave.

Treonina

A treonina é um aminoácido essencial para aves, sendo encontrada em altas concentrações no coração, nos músculos, no esqueleto e sistema nervoso central (Umigi et al., 2007). É exigido para formação da proteína e manutenção do *turnover* protéico corporal, além de auxiliar na formação do colágeno (Sá et al., 2007).

Este aminoácido está envolvido funções fisiológicas relacionadas à digestão e a imunidade (Bisinoto et al., 2007). O muco secretado no trato

gastrintestinal é composto principalmente de água (95%) e mucinas (5%), que são glicoproteínas (N-acetilgalactosamina), ricas em treonina e serina. Estima-se que mais da metade da treonina consumida seja utilizada a nível intestinal para as funções de manutenção, sendo primariamente utilizada na síntese de mucina (Myrie et al., 2001).

De acordo com Kidd (2000), a treonina é um importante componente das penas, pois, juntamente com a serina correspondem a mais de 20% dos aminoácidos presentes nos resíduos das penas.

Em rações compostas principalmente por milho e farelo de soja, a treonina é considerada o terceiro aminoácido limitante depois da metionina e da lisina para frangos de corte. Segundo Mandal et al. (2006), para codornas japonesas, este aminoácido é o segundo limitante alimentadas em dietas com a mesma base de formulação.

As exigências de treonina para codornas japonesas foram estabelecidas por Silva & Costa (2009), que recomendam 0,870; 0,820; 0,670 e 0,730% para as fases de cria, recria, postura I e postura II, respectivamente. Nas Tabelas para Aves e Suínos, Rostagno et al. (2011) preconizam 0,790 e 0,645% de treonina digestível para codornas nas fases de cria/recria e postura, respectivamente.

Em trabalhos com codornas japonesas nas fases de cria e recria, Mandal et al. (2006) trabalharam com três níveis de treonina (0,960; 1,020 e 1,120%) e 23,3% de proteína bruta encontraram melhor resposta corporal das aves ao nível de 1,020% de treonina digestível. Da mesma forma, Lima (2012) avaliou cinco níveis de treonina digestível (0,660; 0,710; 0,770; 0,810 e 0,870%) em dietas com 20,1% de proteína bruta, não encontrou diferença significativa entre os parâmetros de desempenho, concluindo que 0,660% de treonina digestível é suficiente para atender as necessidades das aves para esta idade, correspondendo a um consumo 51,27 mg/dia/ave de treonina digestível.

Na fase de postura, estudando níveis de treonina digestível (0,650; 0,700; 0,750; 0,800 e 0,850%), Ugimi et al. (2007) observaram melhores resultados de desempenho e qualidade de ovos, quando as aves recebem 0,650% de treonina digestível, correspondendo a um consumo de 149,2 mg/dia/ave. Diferente dos resultados encontrados por estes autores, Ugimi et al. (2012) concluíram que em

dietas com 17,8% de proteína bruta, o nível de 0,550% de treonina digestível foi suficiente para se alcançar melhores resultados, tanto no desempenho quanto na qualidade dos ovos, que correspondeu a um consumo de 144,61 mg/dia/ave.

Lima et al. (2013) avaliando dietas com 16% de proteína bruta e cinco níveis de treonina digestível (0,660; 0,700; 0,740, 0,780 e 0,820%) sobre os parâmetros produtivos e a histologia do trato gastrointestinal e reprodutor, encontraram efeito quadrático sobre os parâmetros de produção. Com aumento dos níveis, as vilosidades intestinais tornaram-se mais largas e com maior produção de muco, o magno apresentou maior número de glândulas tubulares e o útero maior número de dobras secundárias. Estes autores concluíram que ao nível de 0,780% é suficiente para manter o melhor desempenho das aves, no entanto, efeitos significativos sobre o aparelho digestivo e sobre os órgãos reprodutivos de codornas japonesas são observados quando o nível de treonina digestível foi maior.

Triptofano

O triptofano é um aminoácido considerado essencial. É um componente estrutural de todas as proteínas, além de ser precursor da síntese de serotonina e melatonina (Corzo et al., 2005). No metabolismo, o triptofano é convertido à niacina (vitamina B₃). Esta é precursora de duas coenzimas que intervêm em quase todas as reações de oxidação-redução no organismo, à nicotinamida adenina dinucleotídeo (NAD⁺) e a nicotinamida dinucleotídeo fosfato (NADP⁺) (Lehninger, 1991).

Segundo Kerr et al. (2005) há necessidade de pequenas proporções de triptofano digestível pelo cérebro para produzir cerca de 1 a 2% da serotonina corporal.

De acordo com Silva et al. (2010), este aminoácido promove aumento no peso do intestino, apresentando relação com as perdas endógenas e a renovação celular da mucosa intestinal. Ainda segundo o mesmo autor, é possível observar aumento no peso do coração e pulmão, podendo ser associado à produção de serotonina, hormônio que apresenta associações com mecanismos de vasoconstrição e consequentemente com a pressão sanguínea.

De acordo com Peganova et al. (2003) e Deponti et al. (2007), o triptofano é o terceiro aminoácido limitante em rações compostas principalmente de milho e farelo de soja para galinhas poedeiras.

As recomendações de triptofano digestível para codornas japonesas feitas por Silva & Costa (2009), nas fases de cria, recria, postura I e postura II, são 0,200; 0,150; 0,180 e 0,200%, respectivamente. Já Rostagno et al. (2011), para as fases de cria/recria e postura, preconizam 0,210 e 0,223%, respectivamente.

Rizzo et al. (2008) avaliaram quatro níveis de triptofano digestível para fase de crescimento (0,270; 0,520; 0,770 e 1,020%) e quatro níveis (0,230; 0,480; 0,730 e 0,980%) na fase de postura, sobre os parâmetros de desempenho, relação heterófilo:linfócito e as concentrações plasmáticas de corticosterona. Estes autores não encontraram efeitos significativos sobre os dados de desempenho ou parâmetros fisiológicos, com o aumento no nível de triptofano digestível, sendo o nível 0,270 e 0,230% suficientes para atender as exigências de codornas nas fases de crescimento e postura, respectivamente. Diferentemente, Lima (2012) avaliando seis níveis de triptofano digestível (0,140; 0,160; 0,180; 0,200 e 0,220%) para codornas com idade de 1-40 dias, observou melhor desempenho das aves quando alimentadas com a dieta que continha 0,0180% de triptofano digestível, correspondendo a um consumo de 20,63 mg/dia/ave.

Avaliando níveis de triptofano digestível na fase de postura, Pinheiro et al. (2008) encontraram melhores resultados de desempenho e gravidade específica dos ovos, quando forneceram o nível de 0,210%, correspondendo ao consumo diário de 45,0 mg/dia/ave de triptofano digestível. Da mesma forma, Lima (2012) avaliou seis níveis de triptofano digestível (0,140; 0,160; 0,180; 0,200 e 0,220%) na fase de postura e encontrou resultados satisfatórios ao nível de 0,180% de triptofano digestível.

Valina e isoleucina

Comumente chamados de aminoácidos de cadeia ramificada, a valina e a isoleucina são aminoácidos alifáticos altamente hidrofóbicos, sendo encontrados geralmente no interior das proteínas, sendo responsáveis por sua estrutura tridimensional (Lehninger, 1991). Por possuírem estrutura muito similar,

disputam pelos mesmos sítios de absorção e pelas mesmas enzimas para o metabolismo.

Segundo Konashi et al. (2000), dietas deficientes nestes aminoácidos proporcionam redução do timo e bursa de Fabricius, quando comparadas à dietas que atendem as exigências das aves.

Silva & Costa (2009) recomendam 0,890; 0,740; 0,870 e 0,960% de isoleucina e 0,840; 0,740; 0,870 e 0,940% de valina para as fases de cria, recria, postura I e postura II, respectivamente. Rostagno et al. (2011) preconizam 0,800 e 0,698% de isoleucina e 0,950 e 0,806% de valina digestíveis para codornas japonesas nas fases de cria/recria e na fase de postura, respectivamente.

Trabalhos com aminoácidos de cadeias ramificadas para codornas japonesa são escassos. Paula (2011a) trabalhando com níveis de valina (0,750; 0,800; 0,850; 0,900; 0,950 e 1,000%) e 18,6% de proteína bruta para codornas japonesas na fase de postura, não observou diferença significativa entre os níveis sobre os parâmetros avaliados, indicando que o nível de 0,750% foi suficiente para atender as exigências das aves, correspondendo a um consumo diário de 212,4 mg/dia/ave de valina digestível. Paula (2011b) avaliou seis níveis de isoleucina (0,650; 0,700; 0,750; 0,800; 0,850 e 0,900%) em dietas com 18,8% de proteína bruta, observou efeito quadrático dos níveis sobre os parâmetros de produção e qualidade de ovo, apresentando melhor resultado num nível de 0,820% de isoleucina digestível, sendo o consumo 196,6 mg/dia/ave de isoleucina digestível.

Petrucci (2013) avaliou níveis crescentes de valina digestível (0,740; 0,810; 0,880; 0,950 e 1,020%) com o nível de isoleucina digestível fixo em 0,700%. Em seguida, realizou um segundo ensaio com níveis de valina e isoleucina digestíveis crescentes, de modo que a relação valina:isoleucina se manteve fixa em 1,157%. Este autor observou que dietas com 0,740% de valina digestível são suficientes para manter a satisfatória a produção de ovos, e quando o nível de valina aumenta proporcionalmente ao nível e isoleucina a qualidade dos ovos diminui. Da mesma forma, o mesmo autor avaliou níveis crescentes de isoleucina digestível (0,640; 0,700; 0,760; 0,820 e 0,888%) com o nível de valina digestível em 0,810%. Num segundo ensaio, ele testou níveis crescente de isoleucina e valina digestíveis, de modo que a relação isoleucina:valina

permaneceu em 0,864%. Concluindo que o menor nível de isoleucina digestível foi suficiente para manter a produção de ovos e com o aumento do nível e deste aminoácido, a qualidade do ovo diminuiu.

Arginina

Considerado com essencial para aves, a arginina participa na síntese de ornitina, um precursor de poliaminas que têm um papel chave na divisão celular, na síntese de DNA, e na regulação do ciclo celular. Este aminoácido também participa na síntese do óxido nítrico, um radical livre altamente reativo, que atravessa a membrana celular e participa em vários processos celulares, incluindo neurotransmissão e imunidade (Moncada et al., 1991). A arginina também influencia a ovulação, aumentando a liberação de hormônio luteinizante (Basiouni et al., 2006). É parte do hormônio vasotocina, que é envolvido na contração uterina e oviposição.

Poucos trabalhos são encontrados relacionados às exigências de arginina digestível. Silva & Costa (2009) preconizam 1,160; 1,050; 1,260 e 1,380% de arginina digestível para as fases de cria, recria, postura I e postura II, respectivamente. Rostagno et al. (2011) preconizam 1,190 e 1,270% para codornas japonesas nas fases de cria/recria e na fase de postura, respectivamente.

Reis et al. (2012) forneceram dietas com 20% de proteína bruta e níveis de arginina digestível (1,160; 1,210; 1,260; 1,310 e 1,360%) e observaram desempenho satisfatório e qualidade de ovos das aves que receberam dietas com 1,160% de arginina digestível, correspondendo a um consumo 288,84 mg/dia/ave.

Lobato & Costa (2009), avaliando os requisitos de arginina (1,010; 1,090; 1,170; 1,250 e 1,330%) observaram resposta quadrática sobre o consumo de ração na fase de recria, indicando o nível de 1,130% para esta fase. Já para fase de postura, observaram efeito sobre o consumo de ração, produção de ovos e massa de ovo, estimando 1,160% de arginina digestível para esta fase.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-MAYAH, A.A.S. Immune response of broiler chicks to dl-methionine supplementation at different ages. **International Journal of Poultry Science**, v.5, n.2, p.169-172, 2006.
- BASIOUNI, G.F. The effect of feeding an extra amounts of arginine to Local Saudi Hens on luteinizing hormone secretion. **Journal of Biological Sciences**, 9(6):617-620, 2009.
- BERRES, J.; Estratégias para redução proteica de dietas de frangos de corte. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 148f, 2010.
- BERRES, J.; VIEIRA, S.L.; DOZIER III, W.A. et al. Broiler responses to reduced-protein diets supplemented with valine, isoleucine, glycine, and glutamic acid. **Journal of Applied Poultry Research**, v.19, p.68–79, 2010.
- BERTECHINI, A. G. **Nutrição de Monogástricos**. Lavras: Editora UFLA. 373p. 2012.
- BISINOTO, K.S.; BERTO, D.A.; CALDARA, F.R. et al. Relação treonina:lisina para leitões de 6 a 11kg de peso vivo em rações formuladas com base no conceito de proteína ideal. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.6, p.1740-1745, 2007.
- BONATO, M.A.; SAKOMURA, N.K.; SIQUERIA, J.C. et al. Maintenance equirements for methionine and cysteine, and threonine for poultry. **South African Journal Animal Science**, 41, 209–222, 2001.
- CORZO, A.; KIDD, M.T.; THAXTON, J.P. et al. Dietary tryptophan effects on growth and stress responses of male broiler chicks. **British Poultry Science**, v.46, p.478-484, 2005.
- CORZO, A.; LOAR, I.R.E.; KIDD, M.T. Limitations of dietary isoleucine and valine in broiler chick diets. **Poultry Science**, v.88, p.1934–1938, 2009.
- COSTA, F.G.P.; RODRIGUES, V.P.; GOULART, C.C. et al. Exigências de lisina digestível para codornas japonesas na fase de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.38, n.12, p.2389-2393, 2008.

- COSTA, F.G.P.; RODRIGUES, V.P.; GOULART, C.C. et al. Nutritional requirements of digestible methionine + cystine for Japanese quails in production phase. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.38, n.12, p.2389-2393, 2009.
- DEMUNER, L.F.; VARGAS, J.G.; PETRUCCI, F.B. et al. Níveis nutricionais de lisina digestível em rações de codornas japonesas. In: ZOOTECH 2009, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ZOOTECNISTAS, 5., Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: ZOOTECH, 2009b. Disponível em: <<http://www.abz.org.br>> Acessado em: Set. 15, 2013.
- DEMUNER, L.F.; VARGAS, J.G.; SCOTTÁ, B.A. et al. Níveis nutricionais de lisina digestível para codornas japonesas alimentadas com rações contendo 19,5% de proteína bruta. In: ZOOTECH 2009, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ZOOTECNISTAS, 5., Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: ZOOTECH, 2009a. Disponível em: <<http://www.abz.org.br>> Acessado em: Set. 15, 2013.
- DEPONTI, B.J.; FARIA, D.E.; FARIA FILHO, D.E. Exigências de triptofano e padrão de recuperação do desempenho de poedeiras comerciais após alimentação com rações deficientes em triptofano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1324-1330, 2007.
- D'MELLO, J.P.F. **Amino acids in animal nutrition**. 2nded. Wallingford: CABI publishing, 2003. 546p.
- DUARTE, K. F. & JUNQUEIRA, O. M. Aminoácidos sintéticos e enzimas: ferramentas importantes na redução dos custos de produção de frangos de corte. Disponível em: <<http://www.feedfood.com.br/aminoacidos-sinteticos-e-enzimas-ferramentas-importantes-na-reducao-dos-custos-de-producao-de-frangos-de-corte/>>. Acesso em: Ago. 20, 2013.
- FERNANDEZ, S.R.; AOYAGI, S.; HAN, Y. et al. Limiting order of amino acids in corn and soybean meal for growth of the chick. **Poultry Science**, 73:1887–1896, 1994.
- GARCIA, E.A.; MENDES, A.A.; PIZZOLANTE, C.C. et al. Protein, methionine+cystine and lysine levels for Japanese quails during the production phase. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, vol.7, n.1, p.11-18, 2005.

- GOULART, C.C. Utilização de aminoácidos industriais e relação aminoácidos essenciais: não essenciais em dietas para frangos de corte. Tese de doutorado em Zootecnia, Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, 148f, 2010.
- HAN, Y.; BAKER, D.H. Effects of sex, heta stress, body weight and genetic strain on the dietary lysine requeriment of broiler chicks. **Poultry Science**, Savoy, v.72, p.701-708, 1991.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTETISTICA. Produção da Pecuária Municipal 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em 25 de setembro de 2013.
- KERR, B.J.; MORANJR., E. T.; KIDD, M.T. Effect of supplementary tryptophan prior to marketing on carcass quality in broilers. **Journal Applied Poultry Research**. v. 14. p.306-314, 2005.
- KIDD, M.T. Nutritional considerations concering threonine in broilers. **World's Poultry Science Journal**, v.56, p.139-151, 2000.
- KIDD, M.T.; KERR, B.J. L-Theoninr for poultry: a review. **The Journal of Applied Poultry Science**, Atheus, v.5, n.4, p.358-367, 1996.
- KIDD, M.T.; KERR,B.J. L-treonina for poultry: a review. **The Journal of Applied Poultry Sciencee**, Savoy, v.7, p.351-358, 1998.
- KONASHI, S.; TAKAHASHI, K.; AKIBA, Y. Effects of dietary essential amoni acid deficiencies on immunological variables in broiler chickes. **British Journal of Nutrition**, Southampton, v.83, p.449-456, 2000.
- LEESON, S. & SUMMERS, J.D. Feeding programs for broilers. In: **Comercial poultry nutrition**. Second edition, University Books, Canada. 1997, 350p.
- LEHNINGER, L. A. **Bioquímica**. 2ª ed. Barcelona, Espanha: ed. Omega/S.A., 1991.
- LIMA, H.J.D. Relações metionina+cistina, treonina e triptofano com a lisina e níveis de lisina digestível em rações para codornas japonesas na fase de crescimento. Tese de doutorado em Zootecnia, Viçosa, MG, 92f, 2012.
- LIMA, M.R.; COSTA, F.G.P.; SILVA, J.H.V. et al. Threonine:lysine ratio for Japanese quail hen diets. **Journal of Applied Poultry Research**, v.22, p.260–268, 2013.

- LOBATO, G.B.V.; COSTA, F.G.P. Exigência de arginina digestível para codornas japonesas nas fases de crescimento e postura. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA, 17., 2009, Areias. **Anais...** Areias: UFPB, 2009. p.373.
- MANDAL, A.B.; ELANGO VAN, A.V.; TYAGI, P.K. et al. Effect of enzyme supplementation on the metabolizable energy content of solvent-extract and rapeseed and sunflower seed meals for chicken, guinea fowl and quail. **British Poultry Science**, v. 46, p.75-79, 2005.
- MANDAL, A.B.; Kaur, S.; Johri, S.K. et al. Response of growing Japanese quails to dietary concentration of L-threonine. **Journal of the Science and Food and Agriculture**, v.86, p.793-798, 2006.
- MONCADA, S.; PALMER, R.M.J.; HIGGS, E.A. Nitric oxide: physiology, pathophysiology, and pharmacology. **Pharmacology Review**, 43(2):109-42, 1991.
- MOREIRA, I.; SCAPINELLO, C.B. Metabolismo proteico em aves In: CURSO DE FISIOLOGIA DA DIGESTÃO E METABOLISMO DOS NUTRIENTES EM AVES. **Anais...** Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP Jaboticabal, 2004.
- MOURA, A.M.A.; SOARES, R.T.R.N.; FONSECA, J.B. et al. Exigência de lisina para codornas japonesas (*Coturnix japonica*) na fase de cria. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.4, p.1191-1196, 2007.
- MYRIE, S.B.; BERTOLO, R.F.P.; MOHN, S. et al. Threonine requirement and availability are affected by feed that stimulate gut mucin. **Advances in Pork Production**, Alberta, CA, v.12, abstract n.23, 2001.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of poultry**. 9 ed., Washington. D.C.: National Academic Press, 1994. p. 44-45.
- OLIVEIRA, A.M.; FURLAN, A.C.; MURAKAMI, A.E. et al. Exigência nutricional de lisina para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.1050-1053, 1999.
- PARVIN, R; MANDAL, A.B; SINGH, S.M. et al. Effect of dietary level of methionine on growth performance and immune response in Japanese quails

- (*Coturnix coturnix japonica*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 90:471–481. 2009.
- PAULA, E. Relação valina e isoleucina com lisina em rações para codornas japonesas em postura. Dissertação de mestrado em Zootecnia. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 59f, 2011.
- PEGANOVA, S.; HIRCHE, F.; EDER, K. Requirement of tryptophan in relation to the supply of large neutral amino acids in laying hens. **Poultry Science**, v.82, p.815-822, 2003.
- PETRUCCI, F.B. Níveis nutricionais de valina e isoleucina digestíveis para codornas japonesas em postura. Dissertação de mestrado em Ciências Veterinárias, Alegre, ES, 81f, 2013.
- PINHEIRO, S.R.F.; BARRETO, S.L.T.; BARRETO, L.F.T. et al. Efeito dos níveis de triptofano digestível em dietas para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira Zootecnia**, vol.37, n.6, pp. 1012-1016, 2008.
- PINTO, R.; FERREIRA, A.S.; DONZELE, J.L. et al. Exigência de lisina para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1182-1189, 2003.
- PINTO, R.; FERREIRA, A.S.; DONZELE, J.L. et al. Exigência de metionina mais cistina para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1166-1173, 2003.
- REIS, R.S.; BARRETO, S.L.T.; GOMES, P.C. et al. Relationship of methionine plus cystine with lysine in diets for laying Japanese quails. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.40, n.5, p.1031-1037, 2011.
- REIS, R.S.; BARRETO, S.L.T.; ABJAUDE, D.R.D. et al. Relationship of arginine with lysine in diets for laying Japanese quails. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.41, n.1, p.106-110, 2012.
- RIBEIRO, C.L.N.; BARRETO, S.L.T.; REIS, R.S. Digestible lysine levels in diets for laying Japanese quails. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.42, n.7, pp. 489-495, 2013.
- RIBEIRO, M.L.G.; VILAR DA SILVA, J.H.; OLIVEIRA DANTAS, M. et al. Exigências nutricionais de lisina para codornas durante a fase de postura, em

- função do nível de proteína da ração. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.156-161, 2003.
- RIZZO, P.V.; GUANDOLINI, G.C.; AMOROSO, L. et al. Triptofano na alimentação de codornas japonesas nas fases de recria e postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.6, p.1017-1022, 2008.
- ROBEL, E.J. A feather abnormality in chickens fed diets deficient in certain amino acids. **Poultry Science**, 56:1968-1971, 1977.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252p.
- SÁ, L.M.; GOMES, P.C.; CECON, P.R. et al. Exigência nutricional de treonina digestível para galinhas poedeiras no período de 34 a 50 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p. 1846-1853, 2007.
- SCHMIDT, M.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S. et al. Exigência nutricional de lisina digestível para poedeiras leves no segundo ciclo de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.6, p.1029-1035, 2008.
- SCOTTÁ, B.A.; VARGAS JR, J.G.; PETRUCCI, F.B. et al. Metionina mais cistina digestível e relação metionina mais cistina digestível: lisina para codornas japonesas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.12, n.3, p.729-738, 2011.
- SILVA, A.L.; SARAIVA, E.P.; GOMES, D.L.S. et al. Efeito de diferentes relações triptofano digestível: lisina digestível sobre o peso de órgãos e da morfometria intestinal de poedeiras leves. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47, 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2010. (CD-ROM).
- SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P. **Tabela para codornas japonesas e européias**. Jaboticabal: Funep, 107p. 2009.
- UMIGI, R.T.; BARRETO, S.L.T.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de treonina em dietas para codorna japonesa em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v36, n.6, p.1868-1874, 2007.

- UMIGI, R.T.; BARRETO, S.L.T.; REIS, R.S. et al. Níveis de treonina digestível para codorna japonesa na fase de produção. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, vol.64, n.3, pp. 658-664, 2012.
- VIEIRA, J.G.H. Considerações sobre os marcadores bioquímicos do metabolismo ósseo e sua utilidade prática. **Arquivo Brasileiro de Endocrinologia e Metabolismo**, vol.43, n.6, p.415-422, 1999.
- WALDROUP, P.W.; JIANG, Q.; FRITTS, C.A. Effects of glycine and threonine supplementation on performance of broiler chicks fed diets low in crude protein. **International Journal of Poultry Science**, v.4, n.5, p. 250-257, 2005.
- WARNICK, R.E.; ANDERSON, J.O. Limiting essential amino acids in soybean meal for growing chickens and the effects of heat upon availability of the essential amino acids. **Poultry Science**, v.47, p.281-287, 1968.
- WYLIE, L.M.; ROBERTSON, G.W.; MACLEOD, M.G. et al. Effect of ambient temperature and restricted feeding on the growth of feathers in growing turkeys. **British Poultry Science**, 42, 449-455, 2001.

CAPÍTULO II

**DETERMINAÇÃO DO SEGUNDO AMINOÁCIDO LIMITANTE PARA CODORNAS
JAPONESAS**

**DETERMINAÇÃO DO SEGUNDO AMINOÁCIDO LIMITANTE PARA
CODORNAS JAPONESAS**

RESUMO GERAL

Objetivou-se determinar o segundo aminoácido limitante para codornas japonesas alimentadas com dietas compostas principalmente por milho e farelo de soja. Foram utilizadas 1296 codornas japonesas, fêmeas, divididas em três experimentos. O experimento I foi conduzido com aves com idade de 1-21 dias; o experimento II com aves de 22-42 dias e o experimento III com aves em fase de postura. Os tratamentos nos três experimentos consistiam em redução da proteína bruta em sete pontos percentuais, aproximadamente, com a suplementação de DL-metionina mais um L-aminoácido essencial: T1 (Met); T2 (T1+Lys); T3 (T1+Thr); T4 (T1+Trp); T5 (T1+Val); T6 (T1+Arg), T7 (T1+Ile) e T8 (Todos). Os parâmetros avaliados foram consumo de ração (g/ave), ganho de peso (g/ave), conversão alimentar (g/g), taxa de postura (%), peso médio dos ovos (g), massa dos ovos (g), conversão alimentar por massa de ovos (kg de ração/kg de ovo), conversão alimentar por dúzia de ovos (kg de ração/dúzia de ovos), peso médio dos constituintes (gema, albúmen e casca) dos ovos (g), espessura de casca (mm) e gravidade específica (g/cm³). O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado e o teste para comparação de médias foi o SNK a 5% de probabilidade. Para os resultados de desempenho de 1-21 e 22-42 dias, o ganho de peso e a conversão alimentar foram afetados pela suplementação aminoacídica, sendo o tratamento que atendia as exigências mínimas de metionina+cistina e lisina o que proporcionou os melhores resultados. Na fase de postura, o consumo de ração, a produção de ovos, a massa de ovo, conversão por massa e por dúzia, peso de gema e peso de albúmen foram afetados pelas diferentes suplementações aminoácidas. Conclui-se que o segundo aminoácido limitante para codornas japonesas alimentadas à principalmente por milho e farelo de soja, nas fases de 1-21 e 22-42 dias, é a lisina. Na fase de postura, é necessário o atendimento das exigências de metionina+cistina, lisina, treonina, triptofano, valina, arginina e isoleucina digestíveis para obtenção de melhores resultados.

PALAVRAS-CHAVE: *Coturnix coturnix japônica*, crescimento, desempenho, lisina, produção de ovos

DETERMINATION OF THE SECOND LIMITING AMINO ACID FOR JAPANESE QUAILS

ABSTRACT

This study aimed to determine the second limiting amino acid for Japanese quails fed with corn and soybean meal. Were used 1296 Japanese quail, females, divided into three experiments. The first experiment was conducted with birds aged 1-21 days, the second experiment with birds of 22-42 days and the experiment III with birds laying phase. The treatments in the three experiments consisted of reduction of crude protein in seven percentage points, approximately, with supplementation of the DL-methionine plus an L-amino acid essential: T1 (Met), T2 (T1+Lys), T3 (T1+Thr) and T4 (T1+Trp), T5 (T1+Val), T6 (T1+Arg), T7 (T1+Ile) and T8 (Todos). The parameters evaluated were feed intake (g/bird), weight gain (g/bird), feed conversion (g/g), laying rate (%), average egg weight (g), egg mass (g), feed conversion per egg mass (kg feed/kg egg), feed conversion per dozen eggs (kg feed/dozen eggs), average weight of constituents (yolk, albumen and shell) eggs (g), bark thickness (mm) and specific gravity (g/cm³). The statistical design was a completely randomized and the test for comparison of means was SNK at 5% probability. For performance results of 1-21 and 22-42 days, the weight gain and feed conversion were affected by amino acid supplementation. In the laying phase, feed intake, egg production, egg mass, and mass conversion per dozen, yolk weight and albumen weight were affected. We conclude that the second limiting amino acid for Japanese quails fed with corn and soybean meal, in the phase 1-21 and 22-42 days, is lysine. In the laying phase, it is necessary meet the requirements of methionine + cystine, lysine, threonine, tryptophan, valine, arginine and isoleucine digestible to provide better results.

KEYWORDS: *Coturnix coturnix japonica*, egg production, growth, lysine, performance

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da coturnicultura tem-se mostrado marcante nas últimas décadas. Este crescimento tem sido acompanhado de perto pelos avanços tecnológicos em termos de instalação, equipamentos e de conhecimentos na área de manejo e nutrição. Porém, existem alguns conceitos básicos de nutrição e formulação de rações para codornas que ainda não são bem definidos ou elucidados.

A proteína é um dos nutrientes mais importantes para o desenvolvimento da ave, no entanto, os animais não apresentam exigências em proteína bruta em si, mas para cada um dos aminoácidos essenciais que a compõem e para uma quantidade de nitrogênio que seja suficiente para síntese dos não essenciais.

Cada aminoácido possui importante papel no desenvolvimento do animal. Dentre os mais estudados estão a metionina, responsável por iniciar a síntese da cadeia polipeptídica e por ser doadora do grupo metil para diversas reações metabólicas (Warnick & Anderson, 1968). A lisina está relacionada basicamente com a síntese de proteína para deposição e participa da síntese carnitina, que atua no transporte de ácidos graxos para a β -oxidação na mitocôndria (Costa et al., 2008). A treonina participa na síntese de muco do epitélio gastrointestinal, enzimas digestivas e *turnover* protéico corporal (Sá et al., 2007).

Neste sentido, o atendimento das exigências mínimas de cada aminoácido segue uma sequência ou ordem de limitação para o máximo desempenho do animal. Bertechini (2012) define aminoácidos limitantes como aqueles que estão presentes nas rações em concentrações menores do que a exigida pelo animal para realizar suas necessidades metabólicas. Uma vez atingida a exigência mínima do primeiro, o próximo é que limitará o desempenho.

As exigências nutricionais das aves são dependentes da fase de desenvolvimento. Desta forma, é importante ter o conhecimento da ordem de limitação em todas as fases de vida, visto que seu crescimento é marcado por alguns aspectos fisiológicos determinantes, como formação óssea e muscular, empenamento e formação do aparelho reprodutor.

Em dietas compostas principalmente por milho e farelo de soja, tem-se a metionina como primeiro e a lisina como segundo limitantes para frangos de corte e galinhas poedeiras. No entanto, para codornas japonesas ou europeias, confirma-

se apenas a metionina como o primeiro limitante; mais pesquisas são necessárias para definição do segundo.

Objetivou-se determinar o segundo aminoácido limitante para codornas japonesas recebendo dietas compostas principalmente por milho e farelo de soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura do Centro de Ciências Agrárias, *campus* II da Universidade Federal da Paraíba, localizado no município de Areia, PB. Foram realizados três experimentos com codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*), fêmeas, de acordo com as fases de vida da ave (cria, recria e postura).

No experimento I foram utilizadas 480 codornas com um dia de idade que foram pesadas individualmente e distribuídas em oito tratamentos e cinco repetições com doze aves, de forma que o peso inicial médio ($8,23 \pm 0,16$ g) ficasse homogeneizado entre as parcelas.

No experimento II foram utilizadas 480 codornas com 22 dias de idade que foram pesadas individualmente e distribuídas em oito tratamentos e cinco repetições com doze aves, de forma que o peso inicial médio ($82,44 \pm 0,7$ g) ficasse homogeneizado entre as parcelas. As aves utilizadas nesse experimento criadas até os 21 dias no piso. As aves receberam dieta atendendo às exigências nutricionais da fase de acordo com Silva & Costa (2009).

Em ambos os experimentos, as aves foram alojadas em gaiolas de arame galvanizado (70 x 50 x 30 cm), contendo comedouros tipo calha e bebedouros tipo *nipple*. Ração e água foram fornecidas à vontade. Para o aquecimento foram utilizadas lâmpadas incandescentes que eram ligadas em função da temperatura ambiente e comportamento das aves.

A vacinação contra Newcastle ocorreu no 10º dia de vida das aves, via água. O programa de luz adotado até o 12º dia foi de 24 horas (12 horas luz natural + 12 horas luz artificial), utilizando-se apenas luz natural após essa idade. Durante a fase de postura as aves receberam 17 horas de luz (12 horas luz natural + 5 horas luz artificial), com acendimento de luzes através de timer digital.

As aves utilizadas no experimento III foram criadas no piso até os 42 dias recebendo dietas formuladas de acordo as exigências da fase. Em seguida foram transferidas para as gaiolas de postura de arame galvanizado (33 x 33 x 14 cm). A taxa de postura foi acompanhada, e quando atingiram o pico de postura, aos 85 dias de idade, iniciou-se o experimento de postura.

O experimento III foi montado utilizando 336 codornas com taxa média de postura de $96,3\% \pm 0,68$, foram distribuídas em oito tratamentos com seis repetições de sete aves por parcela. O período experimental compreendeu todo o pico de postura que compreende da 12^a a 30^a semana de vida da ave (Albino & Barreto, 2003), sendo este experimento dividido em cinco períodos de 21 dias cada, totalizando 105 dias.

As dietas foram formuladas principalmente por milho e farelo de soja, atendendo as exigências nutricionais de acordo com as recomendações de Silva & Costa (2009), exceto para os níveis de proteína bruta.

Os tratamentos nos três experimentos consistiam em redução da proteína bruta e a suplementação de DL-metionina mais um L-aminoácido essencial: T1 (Metionina); T2 (T1+Lisina); T3 (T1+Treonina); T4 (T1+Tryptofano); T5 (T1+Valina); T6 (T1+Arginina); T7 (T1+Isoleucina) e T8 (T1+Todos). Em todos os tratamentos a exigência de metionina+cistina digestíveis foi atendida e o atendimento dos demais aminoácidos ficaram abaixo da exigência, sendo que cada tratamento atendia às exigências de metionina+cistina e de outro aminoácido na forma digestível (Tabelas 1, 2 e 3).

Tabela 1. Composição percentual e química das dietas experimentais da fase de 1-21 dias

Ingredientes (%)	Tratamentos							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8

	Met	Met+ Lys	Met+ Thr	Met+ Trp	Met+ Val	Met+ Arg	Met+ Ile	Todos
Milho 7,88%	68,170	67,790	67,890	70,500	68,100	68,140	67,100	69,280
Farelo de Soja, 45%	27,897	27,939	27,928	25,503	27,905	27,900	27,919	25,641
Calcário	1,243	1,243	1,243	1,248	1,243	1,244	1,243	1,246
Fosfato Bicálcico	1,164	1,165	1,165	1,177	1,164	1,164	1,164	1,181
Sal comum	0,556	0,556	0,556	0,556	0,556	0,556	0,556	0,557
Premix vitamínico ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Premix mineral ²	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Inerte ³	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Antioxidante ⁴	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
DL-Metionina, 99%	0,269	0,270	0,270	0,288	0,269	0,269	0,270	0,291
L-Lisina HCL, 78,8%	---	0,337	---	---	---	---	---	0,392
L-Treonina, 98%	---	---	0,248	---	---	---	---	0,280
L-Triptofano, 99%	---	---	---	0,012	---	---	---	0,012
L-Valina, 99%	---	---	---	---	0,062	---	---	0,102
L-Arginina, 99%	---	---	---	---	---	0,025	---	0,098
L-Isoleucina, 98%	---	---	---	---	---	---	0,176	0,216
Total	100,00							

Composição química calculada

E. Met. kcal/kg	2900	2900	2900	2900	2900	2900	2900	2900
Proteína Bruta, %	18,937	19,293	19,120	18,085	18,981	18,936	19,051	18,914
Cálcio, %	0,850	0,850	0,850	0,850	0,850	0,850	0,850	0,850
Fósforo Dis., %	0,320	0,320	0,320	0,320	0,320	0,320	0,320	0,320
Met Dig., %	0,539	0,540	0,540	0,548	0,539	0,539	0,539	0,549
Met+Cist Dig., %	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800
Lys Dig., %	0,853	1,190	0,853	0,797	0,853	0,853	0,853	1,190
Thr Dig., %	0,623	0,622	0,870	0,591	0,623	0,623	0,622	0,870
Trp Dig., %	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Val Dig., %	0,779	0,778	0,778	0,741	0,840	0,779	0,779	0,840
Arg Dig., %	1,137	1,137	1,137	1,068	1,137	1,160	1,137	1,160
Ile Dig., %	0,714	0,714	0,714	0,674	0,714	0,714	0,890	0,890

¹Premix vitamínico por kg de ração: vit. A - 15.000.000 UI; vit. D3 - 1.500.000 UI; vit. E - 15.000 UI; vit. B1 - 2,0 g; vit. B2 - 4,0 g; vit. B6 - 3,0 g; vit. B12 - 0,015 g; ácido nicotínico - 25 g; ácido pantotênico - 10 g; vit. K3 - 3,0 g; ácido fólico - 1,0 g; ²Premix mineral por kg de ração: Mn - 60 g; Fe - 80 g; Zn - 50 g; Cu - 10 g; Co - 2 g; I - 1 g; veículo q.s.p. - 500 g; ³Areia lavada; ⁴Etoxiqum - 10 g; veículo q.s.p. - 1.000 g.

Tabela 2. Composição percentual e química das dietas experimentais da fase 22
42 dias

Ingredientes	Tratamentos
--------------	-------------

(%)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	Met	Met+ Lys	Met+ Thr	Met+ Trp	Met+ Val	Met+ Arg	Met+ Ile	Todos
Milho 7,88%	78,394	77,906	78,023	80,739	78,258	78,155	78,178	79,014
Farelo de Soja, 45%	17,871	17,925	17,912	15,477	17,886	17,897	17,895	15,670
Calcário	1,073	1,072	1,072	1,078	1,073	1,072	1,072	1,074
Fosfato Bicálcico	1,109	1,110	1,110	1,122	1,109	1,110	1,109	1,128
Sal comum	0,556	0,556	0,556	0,556	0,556	0,556	0,556	0,557
Premix vitamínico ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Premix mineral ²	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Inerte ³	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Antioxidante ⁴	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
DL-Metionina, 99%	0,288	0,288	0,288	0,307	0,288	0,288	0,288	0,310
L-Lisina HCL, 78,8%	---	0,432	---	---	---	---	---	0,487
L-Treonina, 98%	---	---	0,328	---	---	---	---	0,361
L-Triptofano, 99%	---	---	---	0,012	---	---	---	0,012
L-Valina, 99%	---	---	---	---	0,121	---	---	0,161
L-Arginina, 99%	---	---	---	---	---	0,212	---	0,285
L-Isoleucina, 98%	---	---	---	---	---	---	0,191	0,232
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Composição química calculada

E. Met. kcal/kg	3050	3050	3050	3050	3050	3050	3050	3050
Proteína Bruta, %	15,325	15,782	15,568	14,473	15,410	15,316	15,449	15,505
Cálcio, %	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750
Fósforo Dis., %	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Met Dig., %	0,515	0,515	0,515	0,524	0,515	0,515	0,515	0,526
Met+Cist Dig., %	0,740	0,740	0,740	0,740	0,740	0,740	0,740	0,740
Lys Dig., %	0,618	1,050	0,618	0,562	0,618	0,618	0,618	1,050
Thr Dig., %	0,492	0,492	0,820	0,461	0,492	0,492	0,492	0,820
Trp Dig., %	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Val Dig., %	0,622	0,621	0,621	0,584	0,740	0,621	0,621	0,740
Arg Dig., %	0,853	0,853	0,853	0,785	0,853	1,050	0,853	1,050
Ile Dig., %	0,549	0,549	0,549	0,509	0,549	0,549	0,740	0,740

¹Premix vitamínico por kg de ração: vit. A - 15.000.000 UI; vit. D3 - 1.500.000 UI; vit. E - 15.000 UI; vit. B1 - 2,0 g; vit. B2 - 4,0 g; vit. B6 - 3,0 g; vit. B12 - 0,015 g; ácido nicotínico - 25 g; ácido pantotênico - 10 g; vit. K3 - 3,0 g; ácido fólico - 1,0 g; ²Premix mineral por kg de ração: Mn - 60 g; Fe - 80 g; Zn - 50 g; Cu - 10 g; Co - 2 g; I - 1 g; veículo q.s.p. - 500 g; ³Areia lavada; ⁴Étoxiqum - 10 g; veículo q.s.p. - 1.000 g.

Tabela 3. Composição percentual e química das dietas experimentais da fase de postura

Ingredientes	Tratamentos
--------------	-------------

(%)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	Met	Met+ Lys	Met+ Thr	Met+ Trp	Met+ Val	Met+ Arg	Met+ Ile	Todos
Milho 7,88%	64,222	64,222	64,222	64,222	64,222	64,222	64,222	64,222
Farelo de Soja, 45%	25,498	25,498	25,498	25,498	25,498	25,498	25,498	25,498
Calcário	7,086	7,086	7,086	7,086	7,086	7,086	7,086	7,086
Fosfato Bicálcico	1,002	1,002	1,002	1,002	1,002	1,002	1,002	1,002
Sal comum	0,534	0,534	0,534	0,534	0,534	0,534	0,534	0,534
Amido de milho	1,210	0,790	1,140	1,200	1,000	1,000	0,850	---
Cloreto de colina, 60%	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070
Premix vitamínico ¹	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
Premix mineral ²	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Inerte ³	0,058	0,032	0,030	0,068	0,111	0,032	0,190	0,103
Antioxidante ⁴	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
DL-Metionina, 99%	0,230	0,230	0,230	0,230	0,230	0,230	0,230	0,230
L-Lisina HCL, 78,8%	---	0,322	---	---	---	---	---	0,322
L-Treonina, 98%	---	---	0,098	---	---	---	---	0,098
L-Triptofano, 99%	---	---	---	0,002	---	---	---	0,002
L-Valina, 99%	---	---	---	---	0,157	---	---	0,157
L-Arginina, 99%	---	---	---	---	---	0,236	---	0,236
L-Isoleucina, 98%	---	---	---	---	---	---	0,229	0,229
Carbonato de potássio	---	0,123	---	---	---	---	---	0,123
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Composição química calculada

E. Met. kcal/kg	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800
Proteína Bruta, %	16,734	17,009	16,810	16,734	16,857	17,173	16,889	17,801
Cálcio, %	3,050	3,050	3,050	3,050	3,050	3,050	3,050	3,050
Fósforo Dis., %	0,280	0,280	0,280	0,280	0,280	0,280	0,280	0,280
Met Dig., %	0,462	0,462	0,462	0,482	0,482	0,483	0,482	0,484
Met+Cist Dig., %	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700
Lys Dig., %	0,777	1,030	0,777	0,777	0,777	0,777	0,777	1,030
Thr Dig., %	0,574	0,574	0,670	0,574	0,574	0,574	0,574	0,670
Trp Dig., %	0,160	0,160	0,160	0,160	0,180	0,160	0,160	0,180
Val Dig., %	0,714	0,714	0,714	0,714	0,870	0,714	0,714	0,870
Arg Dig., %	1,027	1,027	1,027	1,027	1,027	1,260	1,027	1,260
Ile Dig., %	0,644	0,644	0,644	0,644	0,644	0,644	0,870	0,870
Sódio, %	0,230	0,230	0,230	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
Cloro, %	0,370	0,432	0,370	0,393	0,393	0,393	0,393	0,393
Potássio, %	0,653	0,722	0,653	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700
Balaço eletrolítico, mEq/kg	162,75	162,75	162,75	162,75	162,75	162,75	162,75	162,75

¹Premix vitamínico por kg de ração: vit. A - 15.000.000 UI; vit. D3 - 1.500.000 UI; vit. E - 15.000 UI; vit. B1 - 2,0 g; vit. B2 - 4,0 g; vit. B6 - 3,0 g; vit. B12 - 0,015 g; ácido nicotínico - 25 g; ácido pantotênico - 10 g; vit. K3 - 3,0 g; ácido fólico - 1,0 g; ²Premix mineral por kg de ração: Mn - 60 g; Fe - 80 g; Zn - 50 g; Cu - 10 g; Co - 2 g; I - 1 g; veículo q.s.p. - 500 g; ³Areia lavada; ⁴Etoxiqum - 10 g; veículo q.s.p. - 1.000 g.

Os parâmetros avaliados nos dois primeiros experimentos foram consumo de ração (g/ave), ganho de peso (g/ave) e conversão alimentar (g/g).

No final do experimento I e II, as aves foram pesadas, assim como as sobras de ração. O ganho de peso das aves foi obtido por meio da diferença entre o peso final e o peso inicial e a conversão alimentar por meio do consumo de ração dividido pelo ganho de peso das aves, corrigindo-se para mortalidade do período.

No experimento III, avaliou-se no final de cada período o consumo de ração (g/ave), taxa de postura (%), peso médio dos ovos (g), massa dos ovos (g), conversão alimentar por massa de ovos (kg de ração/kg de ovo), conversão alimentar por dúzia de ovos (kg de ração/dúzia de ovos), peso médio dos constituintes (gema, albúmen e casca) dos ovos (g), espessura de casca (mm) e gravidade específica (g/cm³).

No final de cada ciclo experimental, as sobras de rações foram pesadas para correção do consumo de ração. Diariamente foram anotados o número de ovos de cada parcela, bem como o número e aves mortas, a fim de corrigir o consumo médio de ração das aves e a taxa média de postura segundo metodologia descrita por Sakomura & Rostagno (2007).

Nos três últimos dias de cada período, todos os ovos de cada parcela eram pesados e separou-se quatro ovos para avaliar a porcentagem dos componentes, espessura de casca e gravidade específica.

Para a obtenção do peso dos componentes dos ovos, procedeu-se a quebra do mesmo para a pesagem da gema e da casca. O peso do albúmen foi obtido pela diferença entre o peso total do ovo menos o peso da casca e da gema. As cascas eram pesadas após secas em estufa a 105 °C durante 4 horas, em seguida foi medida a espessura na linha média do ovo, com o auxílio de um micrômetro digital, com precisão de 0,1 mm.

Para determinação da gravidade específica, dois ovos de cada parcela foram imersos em baldes com diferentes soluções salina (NaCl) com densidade variando de 1,060 g/cm³ a 1,100 g/cm³, com intervalos de 0,0025 g/cm³ entre elas, conforme metodologia descrita por Hamilton (1982).

Durante no experimento III (fase de postura), a temperatura (máxima e mínima) e a umidade relativa no interior do galpão foram mensuradas diariamente através de termo-higrômetro digital. A temperatura foi observada em torno de

23,85 e a umidade relativa média em torno de 78%. De acordo com Murakami & Ariki (1998), as temperaturas de conforto térmico para codornas japonesas em fase de postura encontram-se entre 18 e 21°C. Pode ser observado que as temperaturas mantiveram-se elevadas em algumas horas do dia, no entanto não foi observada queda no desempenho produtivo das aves, visto que a produção manteve-se dentro da faixa esperada para espécie. A umidade relativa está intimamente relacionada com a temperatura. Em altas temperaturas, o ideal é que a umidade relativa esteja mais baixa facilitando as perdas de calor por evaporação.

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado. Os dados foram analisados de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$$

em que

y_{ij} é a observação feita na parcela para o tratamento i na repetição j ;

μ representa uma constante inerente a toda parcela ;

t_i representa o efeito do tratamento i ;

e_{ij} é o erro experimental na parcela i, j .

A análise estatística das variáveis avaliadas foram realizadas utilizando-se o programa SAS - Statistical Analysis System (SAS, 2000). Para comparação dos resultados obtidos entre os tratamentos, foi utilizado o Teste de *Student Newman Keuls* (SNK) ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os resultados de desempenho de 1-21 dias (Tabela 4), não houve diferença ($P=0,4350$) entre os tratamentos para consumo de ração (CR). O ganho

de peso (GP) e a conversão alimentar (CA) foram influenciados ($P=0,0001$) pelas diferentes suplementações aminoacídicas.

O tratamento atendendo metionina+cistina e lisina proporcionou maior GP ($P=0,0001$) e melhor CA ($P=0,0001$), seguido pelo tratamento que atendia apenas as exigências de metionina+cistina, que apresentou redução no GP de 4,3% em relação ao melhor tratamento. A lisina é um aminoácido fisiologicamente essencial para o crescimento, tendo como principal função a síntese de proteína muscular, além de ser importante para síntese de tecido ósseo (Vieira, 1999) e de carnitina.

Tabela 4. Desempenho de codornas japonesas com idade de 1 a 21 dias

Tratamentos	Consumo de ração (g/ave)	Ganho de peso (g/ave)	Conversão alimentar (g/g)
T1 - Met ¹	213,53	79,77 b	2,68 ab
T2 - Met+Lys ²	211,85	83,27 a	2,54 a
T3 - Met+Thr ³	217,78	71,00 d	3,07 c
T4 - Met+Trp ⁴	215,67	64,63 e	3,34 d
T5 - Met+Val ⁵	220,39	72,11 cd	3,06 c
T6 - Met+Arg ⁶	218,43	74,13 cd	2,95 c
T7 - Met+Ile ⁷	222,02	73,20 cd	3,03 c
T8 - Todos	214,62	75,61 c	2,84 b
Média	216,78 ± 1,216	74,21 ± 0,454	2,93 ± 0,828
Probabilidade	0,4350	0,0001	0,0001
CV (%)	3,55	3,87	4,47

^{a, b, c, d} Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na coluna são significativos pelo teste SNK; CV = coeficientes de variação; ¹metionina; ²lisina; ³treonina; ⁴triptofano; ⁵valina; ⁶arginina; ⁷isoleucina.

As dietas dos tratamentos que atendiam metionina+cistina, metionina+cistina e treonina, metionina+cistina e triptofano, metionina+cistina e valina, metionina+cistina e arginina e metionina+cistina e isoleucina, atendiam apenas 57,8% (0,853%) das exigências de lisina digestível, preconizada por Silva & Costa (2009) que estabelecem 1,050%, para máximo desempenho de codornas japonesas nas fases de 1-21 dias. Quando a exigência de um nutriente não é atendida, a respostas dos demais é comprometida.

Rodrigueiro et al. (2007) observaram que poedeiras leves e semipesadas com idade de 1 a 3 semanas, alimentadas com dietas deficientes em lisina apresentaram menor ganho de peso diário. Este fato também foi observado por

Silva et al. (2000a) que submeteram poedeiras semipesadas de 0 a 6 semanas de idade a níveis de lisina abaixo dos requeridos pelas aves.

O atendimento das exigências de metionina+cistina proporcionou o segundo maior GP, um decréscimo de 4,3% em relação ao T2 (Met+Lys). Mandal et al. (2005) e Parvin et al. (2009) afirmam que a metionina é o primeiro aminoácido limitante para aves. Confirmando esta afirmação, no presente estudo, quando a metionina foi associada à lisina, proporcionou melhores resultados de desempenho, evidenciando a lisina como o segundo aminoácido limitante para esta fase. A metionina é considerada um aminoácido fisiologicamente essencial para crescimento, manutenção e empenamento das aves, participa como iniciador na cadeia polipeptídica protéica (D'Mello, 2003) e atende a 100% das exigências de cistina (Klasing, 1998). Pinto et al. (2003) observaram melhor empenamento com o nível de metionina+cistina sensivelmente abaixo do melhor nível para o desempenho para codornas japonesas dos 7 aos 42 dias.

Por outro lado, Mandal et al. (2006) afirmam que o segundo aminoácido limitante para codornas japonesas é a treonina, alimentadas com dietas compostas principalmente por milho e farelo de soja. Neste trabalho, observa-se que o atendimento da exigência de treonina associada à metionina+cistina influenciou negativamente, reduzindo em 14,7% no GP ($P=0,0001$) em relação ao tratamento que atendia as exigências de metionina+cistina e lisina.

O atendimento das exigências de todos os aminoácidos estudados metionina+cistina, lisina, treonina, triptofano, arginina, valina e isoleucina demonstrou um decréscimo aproximado de 9% no GP ($P=0,0001$) dos animais em relação ao tratamento que atendia as exigências de metionina+cistina e lisina. Pode ter havido desequilíbrio entre aminoácidos, onde o mais comum de acontecer é o excesso de um aminoácido limitando a absorção do outro. Os casos mais comuns de acontecer é o antagonismo entre lisina e arginina e entre os aminoácidos de cadeia ramificada (valina, isoleucina e leucina) (Bertechini, 2012).

Não foram observadas diferenças no GP ($P=0,0001$) e na CA ($P=0,0001$) entre os tratamentos quando as exigências de metionina+cistina e valina, metionina+cistina e arginina e metionina+cistina e isoleucina foram atendidas,

ocasionando redução do GP ($P=0,0001$) em 12% em relação ao tratamento que atendia as exigências e metionina+cistina e lisina, não diferindo dos tratamentos que continham metionina+cistina e treonina ou com a suplementação de todos os aminoácidos. De acordo com Bregendahl et al., (2008), a treonina e o triptofano são terceiro e quarto limitantes, respectivamente, seguido de perto por isoleucina e valina para galinhas poedeiras em dietas compostas principalmente por milho e farelo de soja, enquanto que para frangos de corte o quarto e o quinto estão entre valina e isoleucina, respectivamente (Corzo et al., 2009).

O pior desempenho ($P=0,0001$) foi observado quando houve atendimento das exigências de metionina+cistina e triptofano. Houve redução no GP ($P=0,0001$) em torno de 22,3%, em relação ao GP das aves do tratamento que atendia as exigências de metionina+cistina e lisina. Rizzo et al. (2008) não observaram diferenças no desempenho de codornas japonesas na fase de recria, alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de triptofano e com as exigências de metionina+cistina e lisina sendo atendidas.

Para codornas japonesas na fase de cria, de 1-12 dias, torna-se é notório as necessidades do atendimento de lisina digestível para melhor desempenho das aves. Portanto, para esta fase evidencia-se a lisina como segundo aminoácido limitante.

Na fase de 22-42 dias (Tabela 5), o CR foi semelhante ($P=0,4877$) entre os tratamentos. O maior GP ($P=0,0001$) e a melhor CA ($P=0,0001$) foram observados nas aves que receberam dieta que atendia as exigências de metionina+cistina e lisina. A lisina é o principal aminoácido que está especificamente relacionado ao aumento de deposição de proteína e manutenção e, conseqüentemente aumento do peso corporal, estando pouco envolvida em outros processos metabólicos (Costa et al., 2001), e quando há deficiência de lisina, em geral, há menor síntese protéica e como conseqüência uma menor deposição de proteína (Gonzales & Sartori, 2002). Silva et al. (2000b) concluíram que quando uma dieta não atende às necessidades deste aminoácido para frangas de reposição, as conseqüências são negativas e irreversíveis sobre o desempenho durante o período de postura.

Tabela 5. Desempenho de codornas japonesas com idade de 22 a 42 dias

Tratamentos	Consumo de ração (g/ave)	Ganho de peso (g/ave)	Conversão alimentar (g/g)
T1 - Met	328,60	60,15 c	5,47 bc
T2 - Met+Lys	324,60	72,26 a	4,50 a
T3 - Met+Thr	329,80	50,84 d	6,50 d
T4 - Met+Trp	336,60	51,97 d	6,48 d
T5 - Met+Val	329,80	56,69 c	5,83 c
T6 - Met+Arg	331,80	57,66 c	5,77 c
T7 - Met+Ile	327,40	56,82 c	5,77 c
T8 - Todos	333,00	64,00 b	5,21 b
Média	330,20 ± 1,645	58,80 ± 0,343	5,70 ± 0,038
Probabilidade	0,4776	0,0001	0,0001
CV (%)	3,15	3,70	4,22

^{a,b,c,d} Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na coluna são significativas pelo teste SNK; CV = coeficientes de variação.

Pinto et al. (2003) observaram efeito linear sobre o GP de codornas japonesas em crescimento em função das relações entre metionina+cistina e lisina. Lima et al. (2011) avaliaram a relação entre metionina+cistina:lisina e observaram maior crescimento, desenvolvimento e melhor conversão alimentar de codornas japonesas na fase de crescimento. Diferentemente, Moura et al. (2007) avaliaram o desempenho de codornas de 1 a 42 dias com nível de proteína bruta de 20,7% e não observaram efeito significativo da suplementação de L-lisina-HCL.

Não houve diferenças significativas entre os tratamentos para GP e CA quando houve atendimento individual das exigências de metionina+cistina, metionina+cistina e valina, metionina+cistina e arginina e metionina+cistina e isoleucina. A redução do GP nestes tratamentos foi em torno de 20% em relação ao tratamento que atendia as exigências de metionina+cistina e lisina.

O menor GP e pior CA foram observados nas aves que receberam dietas atendendo as exigências de metionina+cistina e treonina e metionina+cistina e triptofano, apresentando diminuição no GP de 28,8% em relação ao tratamento que atendia as exigências de metionina+cistina e lisina. A maior exigência por treonina em relação aos demais aminoácidos é observada com o avançar da idade devido ao aumento na síntese de mucina em consequência do aumento das secreções gastrointestinais (Fernandez et al., 1994), sendo um aminoácido com maior importância a manutenção do que para o crescimento ou ainda quando as aves

passam por algum desafio sanitário. De fato, Corzo et al. (2007) encontraram maior requerimento de treonina para o melhor desempenho de frangos de corte de 21 a 42 dias criados em cama reutilizada, evidenciando a maior importância da treonina em situação de maior desafio ao sistema imune da ave. Neste trabalho, as aves foram criadas em gaiolas, o que pode ter influenciado na resposta sobre a utilização da treonina.

Na fase de postura (Tabela 6), não houve diferença significativa ($P=0,183$) para peso de ovo.

Tabela 6. Desempenho de codornas japonesas na fase de postura

Tratamentos	CR (g/ave/dia)	PR (%)	PO (g)	MO (g)	CMO (kg ração/kg ovo)	CDZ (kg ração/dúzia de ovos)
T1 - Met	24,63 a	87,88 a	11,25	9,89 ab	2,49 a	0,337 a
T2 - Met+Lys	25,03 a	90,03 a	11,10	10,00 ab	2,50 a	0,334 a
T3 - Met+Thr	25,37 a	87,93 a	11,08	9,74 b	2,60 a	0,346 a
T4 - Met+Trp	25,26 a	90,65 a	10,98	9,94 ab	2,52 a	0,331 a
T5 - Met+Val	24,33 ab	86,91 a	11,08	9,63 b	2,53 a	0,336 a
T6 - Met+Arg	25,46 a	87,28 a	11,38	9,93 ab	2,57 a	0,351 a
T7 - Met+Ile	24,33 ab	83,40 b	11,31	9,42 b	2,59 a	0,351 a
T8 - Todos	22,96 b	91,45 a	11,44	10,46 a	2,20 b	0,302 b
Média	24,67 ± 0,14	88,19 ± 0,41	11,20 ± 0,04	9,88 ± 0,05	2,50 ± 0,01	0,336 ± 0,002
Probab.	0,002	0,0002	0,1483	0,0016	0,0001	0,0004
CV (%)	4,07	3,00	2,79	3,67	4,96	5,15

^{a,b} Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma coluna são significativas pelo teste SNK; Probab = probabilidade; CV = coeficientes de variação; CR = consumo de ração; PR = produção de ovos; PO = peso de ovo; MO = massa de ovo; CMO = conversão por massa de ovos; CDZ = conversão por dúzia de ovos.

O CR foi influenciado ($P=0,002$) pela suplementação aminoacídica. As aves que receberam dietas que atendiam exigências de todos os aminoácidos obtiveram menor CR, aproximadamente 22,96 g/ave/dia. Este fato pode ser atribuído ao atendimento das necessidades nutricionais das aves e com isso a menor quantidade foi suficiente para satisfazê-las. Kumta & Harper (1961) propuseram a hipótese aminostática, pela qual os níveis de aminoácidos presentes no plasma serviriam como sinal no controle do apetite. É possível que não somente os níveis de aminoácidos, mas também seus metabólitos serviriam como um sinal de saciedade.

A produção de ovos foi influenciada ($P=0,0002$) pelos tratamentos. Entre os tratamentos que atendiam as exigências mínimas das aves em metionina+cistina, metionina+cistina e lisina, metionina+cistina e treonina, metionina+cistina e triptofano, metionina+cistina e valina, metionina+cistina e arginina ou quando atendia as exigências de todos os aminoácidos não apresentaram diferença significativa entre si, no entanto, as aves que receberam dietas que atendiam as exigências mínimas de metionina+cistina e isoleucina apresentaram menor porcentagem de postura.

O atendimento das exigências de metionina+cistina parece ser o ponto mais importante na formulação de rações práticas compostas principalmente de milho e farelo de soja com 17% de PB para codornas japonesas em postura, visto que apenas o atendimento de metionina+cistina foi necessário para manter a produção igual ($P=0,0002$) aos demais tratamentos. Entretanto, vale ressaltar que talvez as exigências dos outros aminoácidos e as relações entre eles não estejam bem elucidadas. Diversos trabalhos (Novak et al., 2004; Narváez-Solarte et al., 2005; Sá et al., 2007; Cupertino et al., 2009) avaliaram os níveis de metionina+cistina para poedeiras leves e semipesadas e para codornas japonesas (Pinto et al., 2003; Garcia et al., 2005; Reis, 2009; Scottá, 2011) evidenciando sua influência positiva sobre a produção de ovos.

Costa et al. (2009) observaram que com o aumento nos níveis de metionina+cistina na alimentação de codornas japonesas, houve aumento na produção de ovos, aumento no peso e na massa de ovos, melhor conversão alimentar por massa e por dúzia de ovos. O aumento dos níveis de metionina na dieta melhora a produção de ovos com nível de 0,667%, enquanto que neste trabalho o nível foi 0,700%, resultando em um consumo de 173 mg/dia/ave de metionina+cistina.

A massa de ovo foi influenciada ($P=0,0016$) pela suplementação aminoacídica. É possível observar ovos mais pesados nos tratamento que atendiam exigências mínimas de metionina+cistina, metionina+cistina e lisina, metionina+cistina e triptofano, metionina+cistina e arginina e quando a exigência a exigências de todos aminoácidos. Penz Jr. & Jensen (1991) trabalharam com galinhas poedeiras e verificaram que dietas com 13% de proteína bruta,

suplementadas apenas com DL-metionina, resultaram em redução significativa do peso dos ovos em comparação a dietas com 16% de proteína bruta suplementadas com DL-metionina.

A conversão por massa de ovos e a conversão por dúzia de ovos foram influenciadas ($P=0,0001$) pelos tratamentos. O fato do reduzido consumo de ração e maior peso de ovo das aves do tratamento que atendia as exigências de todos aminoácidos em relação aos demais tratamentos mostraram-se com os melhores resultados de conversão por massa e dúzia de ovos. Os tratamentos que continham o atendimento de metionina+cistina, metionina+cistina e lisina, metionina+cistina e treonina, metionina+cistina e triptofano, metionina+cistina e valina, metionina+cistina e arginina e metionina+cistina e isoleucina, apresentaram piores conversões e não apresentaram diferenças entre si. Os resultados de conversão por massa e dúzia de ovos indicam que codornas japonesas possuem necessidade do atendimento mínimo em todos os aminoácidos. Esses resultados talvez reflitam ganhos genéticos que as aves obtiveram nos últimos anos.

Com o atendimento das necessidades dos aminoácidos, a síntese protéica para manutenção é máxima, havendo maior deposição de proteína nos ovos. Adicionalmente, a redução da proteína bruta diminui a disponibilidade de nitrogênio para síntese dos aminoácidos não essenciais, deste modo, é possível que os aminoácidos essenciais tenham atendido a síntese dos não essenciais. Segundo Brugalli (2005), as respostas que o animal expõe quando o nutriente limitante é atendido, como os aminoácidos essenciais, são melhoras no desempenho até que seu potencial seja totalmente expresso.

Para os dados de peso dos constituintes de ovos (Tabela 7), não houve diferença para peso de casca ($P=0,5354$), espessura de casca ($P=0,0703$) e gravidade específica ($P=0,5140$).

Tabela 7. Peso dos constituintes de ovos de codornas japonesas

Tratamentos	PG (g)	PA (g)	PC (g)	EC (mm)	GE (g/cm ³)
T1 - Met	3,50 a	6,81 b	0,94	183	1,071
T2 - Met+Lys	3,63 a	6,51 b	0,95	185	1,075
T3 - Met+Thr	3,39 a	6,74 b	0,94	185	1,040

T4 - Met+Trp	3,45 a	6,57 b	0,95	188	1,071
T5 - Met+Val	3,39 a	6,74 b	0,95	182	1,066
T6 - Met+Arg	3,48 a	6,95 b	0,95	183	1,066
T7 - Met+Ile	3,54 a	6,80 b	0,96	181	1,071
T8 - Todos	3,08 b	7,39 a	0,97	182	1,061
Média	3,43 ± 0,020	6,81 ± 0,043	0,96 ± 0,004	184 ± 0,515	1,067 ± 0,003
Probab.	0,0001	0,0005	0,5354	0,0703	0,514
CV (%)	4,14	4,42	2,98	1,94	2,16

^{a,b} Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha são significativos pelo teste SNK; Probab = probabilidade; CV = coeficientes de variação; PG = peso de gema; PA = peso de albúmen; PC = peso de casca; EC = espessura de casca; GE = gravidade específica.

Houve efeito para peso da gema ($P=0,0001$) e peso do albúmen ($P=0,0005$). Ovos do tratamento que atendiam as exigências de todos os aminoácidos apresentaram menor peso de gema, aproximadamente 27% do peso do ovo, enquanto que o peso de gema dos demais apresentaram 30,44%. No entanto, o peso de albúmen foi maior no tratamento que fornecia a quantidade mínima de todos os aminoácidos, em relação aos outros tratamentos. O ovo apresenta os 20 aminoácidos compondo a sua principal proteína, a ovoalbumina. Neste sentido, pode-se concluir que quando alimentadas com dietas contendo proporções ideais dos aminoácidos essenciais, a síntese da ovoalbumina foi mais evidente. Sobre a importância dos aminoácidos, Leeson & Summers (2001) citam que estes são componentes essenciais dos ovos, uma vez que constituem a molécula protéica presente no albúmen e na gema.

CONCLUSÕES

O segundo aminoácido limitante para codornas japonesas nas fases de 1-21 e 22-42 dias é a lisina. Para fase de postura não foi possível determinar o segundo aminoácido limitante.

O atendimento das exigências de metionina+cistina, lisina, treonina, triptofano, valina, arginina e isoleucina digestíveis proporcionam maior massa de ovo e melhores conversões por massa e dúzia de ovos de codornas japonesas alimentadas com dietas à base de milho e farelo de soja.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBINO, L.F.T.; BARRETO, S.L.T. **Codornas: criação de codornas para produção de ovos e carne**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2003. 289p.
- BERTECHINI, A. G. **Nutrição de Monogástricos**. Lavras: Editora UFLA. 373p. 2012.
- BREGENDAHL, K.S.A; ROBERTS, B; KERR, AND D. HOEHLER. Ideal ratios of soleucine, methionine, methionine plus cystine, threonine, tryptophan, and valine relative to lysine for white leghorn-type laying hens of twenty-eight to thirty-four weeks of age. **Poultry Science**, v.87, p.744–758, 2008.
- BRUGALLI, I. **Eficácia relativa das fontes de metionina**. Revista Ave World, ano 1, 2005.
- CORZO, A.; KIDD, M.T.; DOZIER I, W.A. et al. Dietary threonine needs for growth and immunity of broilers raised under different litter conditions. **Journal of Applied Poultry Research**, v.16, p.574–582, 2007.
- CORZO, A.; LOAR II, R.E.; KIDD, M.T. Limitations of dietary isoleucine and valine in broiler chick diets. **Poultry Science**, v.88, p.1934–1938, 2009.
- COSTA, F.G.P.; ROSTAGNO, H. S.; TOLEDO, R.S. et al. Níveis dietéticos de lisina para frangos de corte de 1 a 21 e 22 a 40 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.30, n.5, p.1490-1497, 2001.
- COSTA, F.G.P.; RODRIGUES, V.P.; GOULART, C.C. et al. Nutritional requirements of digestible methionine + cystine for Japanese quails in production phase. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.38, n.12, p.2389-2393, 2009.
- CUPERTINO, EDWINEY SEBASTIÃO. et al. Exigência nutricional de metionina+cistina digestíveis para galinhas poedeiras de 54 a 70 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.38, n.7, p.1238-1246, 2009.
- D’MELLO, J.P.F. Amino acid imbalances, antagonisms and toxicities. In: **Amino acids in farm animal nutrition**. D’MELLO, J.P.L. (Ed.) Edinburgh: The Scottish Agricultural College, CAB Internacional, 1994. p.63-97.

- D'MELLO, J.P.F. **Amino acids in animal nutrition**. 2nded. Wallingford: CABI publishing, 2003. 546p.
- FERNANDEZ, R.S.; AOYAGI, S.; HAN, Y. et al. Limiting order of amino acid in corn and soybean cereal for growth of the chick. **Poultry Science**, v.73, p.1887-1896, 1994.
- GARCIA, E.A.; MENDES, A.A.; PIZZOLANTE, C.C. et al. Protein, methionine+cystine and lysine levels for japanese quails during the production phase. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.7, p.11-18, 2005.
- GONZALES, E.; SARTORI, J.R. Crescimento e metabolismo muscular. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. (Eds.) **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. 375p.
- HAMILTON, R.M.G. Os métodos e os fatores que afetam a medição fora de casca de ovo de qualidade. **Poultry Science**, V.61, p.2002-2039, 1982.
- KLASING, K. **Comparative avian nutrition**. Wallingford: CABI Publishing, 1998. 350p.
- KUMTA, U.S. & HARPER, A.E. Amino acid balance and imbalance. VII. Effects of dietary additions of amino acids on food intake and blood urea concentrations of rats fed low- protein diets containing fibrin. **Journal of Nutrition**. 74, 139-147, 1961.
- LESSON, S.; SUEMMERS, J. D. **Nutrition of the chicken**. Ontario: University of Guelph, 2001. 482p.
- MANDAL, A.B.; ELANGO VAN, A.V.; TYAGI, P.K. et al. Effect of enzyme supplementation on the metabolizable energy content of solvent-extract and rapeseed and sunflower seed meals for chicken, guinea fowl and quail. **British Poultry Science**, v. 46, p.75-79, 2005.
- MANDAL, A.B. et al. Response of growing Japanese quails to dietary concentration of L-threonine. **Journal of the Science and Food and Agriculture**, v.86, p.793-798, 2006.
- MOURA, A.M.A.; SOARES, R.T.R.N.; FONSECA, J.B. et al. Exigência de lisina para codornas japonesas (*Coturnix japonica*) na fase de cria. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.4, p.1191-1196, 2007.

- MURAKAMI, A.E.; ARIKI, J. **Produção de codornas japonesas**. Jaboticabal: Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão, 1998. 79p.
- NARVÁEZ-SOLARTE, W.V.; ROSTAGNO, H.S.; SOARES, P.R. Nutritional requirements in methionine + cystine for white-egg laying hens during the first cycle of production. **International Journal of Poultry Science**, v.4, n.12, p.965-968, 2005.
- NOVAK C.; YAKOUT, H.; SCHEIDELER, S. The combined effects of dietary lysine and total sulfur amino acid level on egg production parameters and egg components in dekalb delta laying hens. **Poultry Science**, v.83, p.977-984, 2004.
- PARVIN, R; MANDAL, A.B; SINGH, S.M; THAKUR, R. Effect of dietary level of methionine on growth performance and immune response in Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.90, p.471–481, 2009.
- PENZ JR., JENSEN, L. S. Influence of protein concentration, amino acid supplementation, and daily time of access to high or low-protein diets on egg weight and components in laying hens. **Poultry Science**, v. 70, p. 2460-2466, 1991.
- PINTO, Rogério.; FERREIRA, A.S.; DONZELE, J.L. et al. Exigência de metionina mais cistina para codornas japonesas em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.32, n.5, p.1174-1181, 2003.
- REIS, R.S.; BARRETO, S.L.T.; MEDINA, P.M. et al. Desempenho de codornas japonesas alimentadas com dietas contendo diferentes relações de metionina mais cistina digestível com lisina digestível. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46, 2009, Maringá. **Anais...** Maringá: SBZ, 2009 (CD-ROM).
- RIZZO, P.V.; GUANDOLINI, G.C.; AMOROSO, L. et al. Triptofano na alimentação de codornas japonesas nas fases de recria e postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.6, p.1017-1022, 2008.

- RODRIGUEIRO, R.J.B. et al. Exigência nutricional de lisina para poedeiras leves e semipesadas nos períodos de 1 a 3 e de 4 a 6 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.36, n.5, p.1365-1371, 2007.
- SÁ, L.M.; GOMES, P.C.; ALBINO, L.F.T. et al. Exigência nutricional de metionina + cistina digestível para galinhas poedeiras no período de 34 a 50 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1837-1845, 2007.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em Nutrição para Monogástricos**. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 283p.
- SAS. 2000. **Statistical Analysis System Institute Inc. SAS/STAT User's .Guide**. V. 8.0, vol. I. SAS Institute, Inc. Cary NC.
- SCOTTÁ, B.A.; VARGAS JR, J.G.; PETRUCCI, F.B. et al. Metionina mais cistina digestível e relação metionina mais cistina digestível: lisina para codornas japonesas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.12, n.3, p.729-738, 2011.
- SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P. **Tabela para codornas japonesas e européias**. Jaboticabal: Funep, 107p. 2009.
- SILVA, J.H.V. et al. Exigência de lisina para aves de reposição de 0 a 6 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.29, n.6, p.1777-1785, 2000a.
- SILVA, J.H.V. et al. Exigência de lisina para aves de reposição de 7 a 12 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.29, n.6, p.1786-1794, 2000b.
- SILVA, J.H.V.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S. et al. Exigência de lisina para aves de reposição de 13 a 20 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1795-1802, 2000c.
- SILVA, J.H.V. et al. Exigências nutricionais de codornas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, vol.13, n.3, pp. 775-790, 2012.
- VIEIRA, J.G.H. Considerações sobre os marcadores bioquímicos do metabolismo ósseo e sua utilidade prática. **Arquivo Brasileiro de Endocrinologia e Metabolismo**, vol.43, n.6, pp. 415-422, 1999.