

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

EXIGÊNCIA DE METIONINA + CISTINA DIGESTÍVEL
PARA CODORNAS JAPONESAS NAS FASES DE CRIA,
RECRIA E POSTURA

Autora: Taynara Prestes Perine Moretto Rodrigues
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Simara Márcia Marcato
Coorientador: Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan

MARINGÁ
Estado do Paraná
Fevereiro - 2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

EXIGÊNCIA DE METIONINA + CISTINA DIGESTÍVEL
PARA CODORNAS JAPONESAS NAS FASES DE CRIA,
RECRIA E POSTURA

Autora: Taynara Prestes Perine Moretto Rodrigues
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Simara Márcia Marcato
Coorientador: Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan

“Tese apresentada como parte das exigências para obtenção do título de DOUTORA EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá – Área de Concentração Produção Animal”

MARINGÁ
Estado do Paraná
Fevereiro - 2018

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

R696e Rodrigues, Taynara Prestes Perine Moretto
Exigência de metionina + cistina digestível para
codornas japonesas nas fases de cria, recria e
postura / Taynara Prestes Perine Moretto Rodrigues. -
Maringá, PR, 2018.
69 f. : il.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Simaria Márcia Marcato.
Coorientador: Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan.
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de
Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, 2018.

1. Codorna japonesa - Criação. 2. Codorna
japonesa - Postura. 3. Codorna japonesa - Desempenho
produtivo. 4. Codorna japonesa - Nutrição. I.
Marcato, Simaria Márcia, orient. II. Furlan, Antonio
Claudio, orient. III. Universidade Estadual de
Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia. IV. Título.

CDD 23.ed. 636.6

Márcia Regina Paiva de Brito - CRB-9/1267



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS


EXIGÊNCIA DE METIONINA + CISTINA DIGESTÍVEL
PARA CODORNAS JAPONESAS
NAS FASES DE CRIA, RECREIA E POSTURA

Autora: Taynara Prestes Perine Moretto Rodrigues
Orientadora: Profª Drª Simara Márcia Marcato

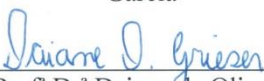
TITULAÇÃO: Doutora em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

APROVADA em 21 de fevereiro de 2018.


Prof. Dr. Maria Marta Loddi


Prof. Dr. Elis Regina de Moraes
Garcia


Prof. Dr. Paulo César Pozza


Prof. Dr. Daiane de Oliveira
Grieser


Prof. Dr. Simara Márcia Marcato
Orientadora

“Não pases, nem te espantes, seja forte e corajoso, esforça-te que Eu te ajudarei.”
(Josué 1:9)

“Sem medo não há coragem. A bravura consiste em avançar até a descoberta de que, de
perto, o perigo não é tão grande.”
(Manoel Affonso de Mello)

“Esperar pela perfeição nunca é mais inteligente do que progredir.”
(Seth Godin)

À minha filha,

Lara Prestes Moretto

*Que chegou em minha vida na primeira semana deste experimento e desde então eu
pude sentir um grande amor crescendo em mim.
Você me faz viver intensamente todos os dias e me proporciona muitos motivos para
sorrir.*

Ao meu esposo,

Rafael Chagas Moretto Rodrigues

*Que é meu companheiro e incentivador diário.
Ter você ao meu lado torna todo o trabalho mais leve e prazeroso.*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, sempre! Com o coração cheio de gratidão, eu tenho a convicção de que Ele tem orientado a minha vida em cada passo e cada decisão. Foi Ele que me concedeu a oportunidade de realizar este doutorado, exatamente no momento e da forma com que tudo aconteceu. Obrigada Jesus!

À minha orientadora, Prof^ª. Dr^ª. Simara Márcia Marcato, pela relação de respeito e amizade que conquistamos nesses anos de trabalho. Muito obrigada por todas as vezes que prontamente me atendeu em sua sala. Não tenho dúvidas de que a amizade não se limitará às atividades dentro da universidade, pra sempre terei muito carinho e gratidão por tudo o que foi construído.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan, a quem eu admiro muito pelo caráter, dedicação e grande conhecimento científico. Obrigada pela amizade, paciência e suporte.

Aos professores do Departamento de Zootecnia, que estão sempre disponíveis para nos auxiliarem na pesquisa e compartilharem seus conhecimentos para nosso crescimento profissional. Em especial, à Prof^ª. Dr^ª. Daiane de Oliveira Grieser, por atender prontamente em todas as vezes em que solicitei sua orientação.

Ao PPZ/UEM - Programa de pós-graduação em Zootecnia, que sempre esteve de portas abertas para atender às necessidades deste projeto.

À CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de estudo.

À empresa Vicami – Assis/SP, que nos atendeu prontamente e forneceu as aves para a realização da pesquisa.

À empresa Evonik Industries®, pela realização dos aminogramas nos ingredientes utilizados nas rações.

Ao grupo de pesquisa formado pelas amigas da pós-graduação, Taciana de Oliveira Bruxel, Caroline Stanquevis, Eline Finco, Mariana Zanon, Érica Greco, Mariani Benites e Tainara Euzébio, por vivenciarem este trabalho comigo, estando ao meu lado o tempo todo e sempre dispostas, pela amizade que levarei para sempre, pelas conversas boas e risadas que tornaram o trabalho mais prazeroso e os dias de coleta inesquecíveis.

Aos alunos da graduação João, Isabela, Marcos, Luana, Andressa, Bianca, Gabriela, Fabricio, Felipe, Mariana e Nayara, pela ajuda diária na execução deste experimento, pela dedicação e responsabilidade com que cumpriram todas as escalas e as atividades propostas. O trabalho de cada um de vocês possibilitou o desenvolvimento deste experimento da melhor maneira possível.

A todos os funcionários da FEI - Fazenda Experimental de Iguatemi, que ajudaram direta ou indiretamente na realização do experimento a campo. Em especial, ao Maurício, funcionário do setor de coturnicultura, e Toninho, da fábrica de ração.

Aos funcionários do LANA - Laboratório de Análises e Nutrição Animal, Augusto, Osvaldo, e em especial à Angélica, pela atenção, disponibilidade e por todo auxílio prestado durante a condução das análises laboratoriais.

Aos colegas de sala, Flávia Kleszcz, Érica Machado, Alessandra Monteiro, Marcelise Fachinello, Lorena Batista, Dayane Rivaroli, Kennyson Alves, Christian Figueroa, Laura Huepa, Ana Paula Sartório, Isabela Kaneko e Lucas Bonaguriu, por tornarem os momentos de estudo inesquecíveis e pela ajuda mútua durante essa fase que passamos juntos.

À minha mãe, Rita Prestes, que nunca mediu esforços para me ajudar e estar presente em todos os momentos em que precisei. Você é meu exemplo de dedicação, persistência e força de vontade. Ao meu pai, José Carlos Perine, pois foi dele que herdei o amor pelos animais e o interesse em ter a Zootecnia como profissão. E aos meus irmãos, Geisy Carla e Antonio Carlos, e sobrinhas, Ana Vitória e Maria Luisa, pela nossa amizade e por ter a certeza de que sempre poderei contar com vocês.

A todos os meus familiares e amigos, que mesmo estando fora da Universidade, me acompanharam durante a execução deste trabalho. Que Deus os abençoe e que eu possa retribuir toda atenção e apoio prestados a mim neste período.

BIOGRAFIA

Taynara Prestes Perine, filha de José Carlos Perine e Rita Prestes, nasceu em Paranavaí - PR, no dia 25 de outubro de 1988.

Em 2006, iniciou o curso de Zootecnia na Universidade Estadual de Maringá, onde foi bolsista de iniciação científica por dois anos, sob orientação do Prof. Dr. Julio Cesar Damasceno.

Em março de 2011, ingressou no curso de mestrado em nutrição de animais monogástricos, pelo Programa de Pós-graduação em Zootecnia, da Universidade Estadual de Maringá, sob orientação da Prof^a. Dr^a. Simara Márcia Marcato e coorientação do Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan. Submeteu-se à banca examinadora para defesa em agosto de 2013.

Em janeiro de 2012, contraiu matrimônio, tendo seu nome alterado para Taynara Prestes Perine Moretto Rodrigues.

Em março de 2014, ingressou no curso de doutorado em nutrição de animais monogástricos, pelo Programa de Pós-graduação em Zootecnia, da Universidade Estadual de Maringá, sob a mesma orientação do curso de mestrado. Desenvolveu trabalhos na área de determinação das exigências de diversos nutrientes para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*), nas fases de crescimento e postura.

Em Fevereiro de 2018, submeteu-se à defesa da Tese de Doutorado, sendo aprovada pela banca examinadora.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	xi
ABSTRACT	xiii
I - INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1. Revisão de literatura	2
1.1. Coturnicultura de postura.....	2
1.2. Proteína na nutrição de codornas	3
1.3. Aminoácidos essenciais e limitantes.....	3
1.4. Aminoácidos sulfurados	4
1.5. Digestão e absorção	6
1.6. Metabolismo	8
1.6.1. Metilação	9
1.6.2. Remetilação	9
1.6.3. Transulfuração	10
1.7. Catabolismo	12
1.8. Exigência de metionina + cistina para codornas.....	12
1.9. Referências.....	16
II - OBJETIVOS GERAIS	23
2.1. Objetivos Específicos	23
III - Exigência de metionina + cistina digestível para codornas japonesas em crescimento	24

RESUMO	24
ABSTRACT	25
3.1. Introdução	26
3.2. Material e métodos.....	27
3.2.1. Animais, dietas e delineamento experimental.....	27
3.2.2. Parâmetros de desempenho	30
3.2.3. Composição química corporal.....	30
3.2.4. Peso relativo dos órgãos e empenamento.....	31
3.2.5. Qualidade de ovos	32
3.2.6. Análise estatística.....	32
3.3. Resultados	33
3.4. Discussão	38
3.5. Conclusão.....	43
3.6. Referências.....	43
IV - Exigência de metionina + cistina digestível para codornas japonesas em fase inicial de postura.....	49
RESUMO	49
ABSTRACT	50
4.1. Introdução	51
4.2. Materiais e métodos	52
4.2.1. Animais, dietas e delineamento experimental.....	52
4.2.2. Parâmetros de desempenho	54
4.2.3. Composição química corporal.....	55
4.2.4. Qualidade de ovos	56
4.2.5. Análise estatística.....	57
4.3. Resultados	58
4.4. Discussão	61
4.5. Conclusão.....	64
4.6. Referências.....	65
V – CONSIDERAÇÕES FINAIS	69

LISTA DE TABELAS

III - Exigência de metionina + cistina digestível para codornas japonesas em crescimento	24
Tabela 1. Composição centesimal das rações experimentais para codornas japonesas nas fases de cria e recria (experimentos I e II)	29
Tabela 2. Composição nutricional* das rações experimentais para codornas japonesas nas fases de cria e recria (experimentos I e II)	29
Tabela 3. Desempenho médio e peso relativo dos órgãos de codornas japonesas, de 1 a 14 dias de idade (experimento I), em função dos níveis de metionina + cistina digestível	34
Tabela 4. Desempenho médio e peso relativo dos órgãos de codornas japonesas de 15 a 42 dias de idade (experimento II), em função dos níveis de metionina + cistina digestível	35
Tabela 5. Composição química corporal ¹ e deposição de proteína/gordura em codornas japonesas na fase de crescimento (experimento I e II) em função dos níveis de metionina + cistina na ração.	36
Tabela 6. Desempenho médio de codornas japonesas na fase de postura (experimento III) em função dos níveis de metionina + cistina digestível oferecidos durante a fase de crescimento.....	37
Tabela 7. Qualidade de ovos de codornas japonesas na fase de postura (experimento III) em função dos níveis de metionina + cistina digestível oferecidos durante a fase de crescimento.....	37
IV - Exigência de metionina + cistina digestível para codornas japonesas em fase inicial de postura.....	49
Tabela 1. Composição centesimal das rações experimentais para codornas japonesas na fase de postura.....	53
Tabela 2. Composição nutricional* das rações experimentais para codornas japonesas na fase de postura.....	54
Tabela 3. Desempenho médio de codornas japonesas na fase de postura em função dos níveis de metionina + cistina digestível.....	59

Tabela 4. Composição química corporal ¹ e deposição de proteína/gordura em codornas japonesas na fase de postura em função dos níveis de metionina + cistina na ração.	60
Tabela 5. Qualidade de ovos de codornas japonesas em função dos níveis de metionina + cistina digestível.....	60

RESUMO

Foram realizados quatro experimentos com o objetivo de estimar as exigências nutricionais de metionina + cistina digestível para codornas japonesas, nas fases de crescimento (cria e recria) e de postura. Para determinar as exigências da fase de crescimento, o experimento I foi realizado no período de 1 a 14 dias de idade (cria), o experimento II no período de 15 a 42 dias de idade (recria) e o experimentos III, no período de 43 a 168 dias de idade (postura), com o objetivo de avaliar o efeito residual dos tratamentos da recria. O delineamento experimental (experimento I e II) foi inteiramente casualizado (DIC) com 5 tratamentos (0,52; 0,64; 0,76; 0,88 e 1,00 % de metionina + cistina digestível) e 5 repetições e no experimento III, todas as aves receberam dieta convencional. No experimento I, foram utilizadas 48 codornas/ unidade experimental (box), no experimento II, foram utilizadas 31 codornas/ unidade experimental (box), sendo que estas foram criadas até os 14 dias recebendo ração convencional e, no experimento III, foram selecionadas 12 codornas/ unidade experimental do experimento II para avaliar o efeito residual. Para avaliação do desempenho zootécnico, analisaram-se os parâmetros consumo de ração (g/ave), peso corporal (g), ganho de peso (g), conversão alimentar (g/g) e viabilidade (%). Aos 14 e 42 dias de idade, foi avaliado o peso relativo (%) dos órgãos fígado, baço, bursa, o empenamento das aves (%) e a composição química corporal (%). Durante a postura foram avaliados os parâmetros de desempenho, produtividade e qualidade de ovos. Nas fases de cria e recria, foram observados efeitos quadráticos ($P < 0,05$) para todas as variáveis de desempenho e peso relativo do fígado. No experimento I, também foi observado efeito quadrático ($P < 0,05$) para o peso relativo da bursa. Os resultados de desempenho na postura confirmam as estimativas obtidas na fase de recria, porém não

houve efeito ($P>0,05$) sobre a qualidade dos ovos. Considerando a melhor conversão alimentar, a recomendação nutricional de metionina + cistina digestível para codornas japonesas na fase de cria é de 0,85 % e na fase de recria é de 0,77 %, ambos superiores ao recomendado pelo NRC (1994). Na fase de postura (experimento IV), foi desenvolvido um experimento com codornas de 43 a 168 dias de idade. Foram utilizadas 15 codornas, por unidade experimental (gaiola), totalizando 375 aves. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), totalizando 5 tratamentos (0,60; 0,75; 0,90; 1,05 e 1,20 % de metionina + cistina) com 5 repetições. Os parâmetros de desempenho avaliados foram: consumo de ração (g/ave), peso corporal (g), peso do ovo (g), taxa de postura (%), produção de massa de ovos (g ovos.ave.dia⁻¹), conversão alimentar por massa e dúzia de ovos (g.g⁻¹de ovos, g.dz⁻¹de ovos), viabilidade (%) e a composição química corporal (%). Os parâmetros de qualidade dos ovos foram: % do componente (gema, albúmen e casca em relação ao peso do ovo), gravidade específica (g ml⁻¹), unidade Haugh, índice de gema e peso da casca por superfície de área. Foi encontrado efeito quadrático sobre os parâmetros de desempenho avaliados ($P<0,05$), exceto para idade ao primeiro ovo e viabilidade que apresentaram efeito linear. A composição química corporal avaliada aos 168 dias de idade apresentou efeito linear crescente ($P<0,05$) sobre a gordura bruta (%), taxa de deposição de gordura (g d⁻¹) e energia retida na carcaça (Kcal g⁻¹). Sobre a qualidade dos ovos, não foi observado efeito significativo sobre as variáveis testadas ($P>0,05$). A recomendação nutricional de metionina + cistina digestível para codornas japonesas na fase de postura é de 0,90% a partir do ponto de máxima obtido para a variável massa de ovos.

Palavras-chave: aminoácidos sulfurados, composição corporal, conversão alimentar, massa de ovos, qualidade de ovos.

ABSTRACT

Four experiments were conducted to estimate nutritional requirements of digestible methionine + cystine for Japanese quails at growing and laying phases. To determine the requirements of the growth phase, experiment I was carried out on period of 1 to 14 days old (first phase), experiment II on period of 15 to 42 days old (second phase) and experiment III in the period of 43 to 168 days old (laying phase) with the objective of evaluating the residual effect of the treatments of the second phase. The experimental design (experiment I and II) was complete randomized (DIC) with 5 treatments (0.52, 0.64, 0.76, 0.88 and 1.00% methionine + digestible cysteine) and 5 replicates and in experiment III all birds received conventional diet. On experiment I were used 48 quails / experimental unit, on experiment II were used 31 quails / experimental unit, which were created until 14 days receiving conventional diet and in experiment III were selected 12 quails / experimental unit of experiment II to evaluate the residual effect. For the performance evaluation, parameters of feed intake (g / bird), body weight (g), weight gain (g), feed conversion (g / g) and viability (%) were analyzed. At 14 and 42 days old, the relative weight (%) of the liver, spleen, bursa, poultry warp were evaluated (%) and body chemical composition (%). The performance, productivity and egg quality parameters were evaluated during laying phase. In the first and second phases, quadratic effects ($P < 0.05$) were observed for all performance variables and relative liver weight. On experiment I, a quadratic effect ($P < 0.05$) was also observed for the relative weight of bursa. The laying performance results confirm the estimates obtained during the second phase, but there was no effect ($P > 0.05$) on egg quality. Considering a better feed conversion, nutritional recommendation of digestible methionine + cysteine for Japanese quails at the first phase is 0.85% and at the second phase is 0.77%, both values higher

than recommended by NRC (1994). At laying phase (experiment IV), an experiment was carried out with Japanese quails from 43 to 168 days old. Fifteen quails were used per experimental unit, totaling 375 birds. A total of 5 treatments (0.60, 0.75, 0.90, 1.05 and 1.20% methionine + cysteine) were used in a completely randomized design with 5 replicates. The performance parameters evaluated were feed intake (g / bird), body weight (g), egg weight (g), laying rate (%), egg mass (g eggs.bird.day⁻¹), feed conversion by mass and dozen eggs (g.g⁻¹ of eggs, g.dz⁻¹ of eggs), viability (%) and the body chemical composition (%). The egg quality parameters were: % of component (yolk, albumen and shell relative to egg weight), specific gravity (g ml⁻¹), Haugh unit, yolk index, shell weight per surface area and thickness of the shell (mm). Quadratic effect was found on the performance parameters evaluated (P<0.05), except for age at first egg and viability with linear effect. Body composition at 168 days of age showed a linear effect (P<0.05) on crude fat (%), fat deposition rate (g d⁻¹) and retained energy in the carcass (Kcal g⁻¹). On egg quality, the only variable that presented response to the tested levels was the thickness of the shell in an increasing linear (P<0.05). Regarding egg quality, no significant effect was observed on the variables tested (P>0.05). The nutritional recommendation of digestible methionine + cysteine for Japanese quails at laying phase is 0.90% from the maximum point obtained for the egg mass variable.

Keywords: body chemical composition, egg mass, egg quality, feed conversion, sulfur amino acids.

I - INTRODUÇÃO GERAL

As dietas para codornas são geralmente baseadas em milho e farelo de soja, sendo assim, a metionina é o primeiro aminoácido limitante, devendo ser suplementada por meio de uma fonte industrial. Sua suplementação proporciona a melhoria na qualidade da proteína dietética e possibilita a redução da concentração da proteína bruta juntamente com a suplementação de outros aminoácidos essenciais.

O excesso ou a deficiência de aminoácidos gera excreção de Nitrogênio, influenciando o desempenho dos animais e conseqüentemente a lucratividade. Por isso, deve-se determinar as exigências de aminoácidos para cada espécie, nas diferentes fases fisiológicas em que se encontram.

A metionina é considerada um aminoácido essencial para o crescimento das aves. É utilizada para deposição de músculos e penas, desempenhando importantes funções como doadora de grupos metil (Simon, 1999), como participante da síntese de glutatona (Piovacari et al., 2008), como doadora de enxofre (Wu & Davis, 2005) e como participante na síntese da cisteína e da S-adenosilmetionina (SAM), sendo esta responsável pelas metilações essenciais para a biossíntese de uma variedade de compostos celulares, como creatina, carnitina, fosfolipídeos e proteínas (Stipanuk, 2004).

De fato, a metionina é o aminoácido mais versátil nas vias metabólicas da transulfuração e remetilação, sendo o aminoácido iniciador na síntese de todas as proteínas eucarióticas, tornando-se o aminoácido limitante mais importante na nutrição avícola (Baker, 2009; Brosnan & Brosnan, 2006; Khosravi, 2015).

Cada espécie possui necessidades específicas de nutrientes para expressar seu potencial genético. As codornas japonesas, assim como outras aves domésticas,

necessitam de programas nutricionais específicos para cada fase de crescimento, pois seu desenvolvimento corporal muda de acordo com a idade e, conseqüentemente, as exigências de cada nutriente são alteradas para suprir uma demanda fisiológica.

Quando se trata de aves destinadas à produção de ovos, estas devem ter um desenvolvimento corporal equilibrado na fase de crescimento, mantendo adequadas relações de proteína e gordura corporal, para que atinjam a maturidade sexual com peso ideal e uniforme (Macari & Mendes, 2005), fator primordial para que haja um bom desempenho na fase de produção.

1. Revisão de literatura

1.1. Coturnicultura de postura

A criação de codornas foi introduzida no Brasil no início da década de 60, visando principalmente a produção e comercialização de ovos “in natura” da ave *Coturnix coturnix japônica* (Silva, 2011), cuja espécie é a mais difundida mundialmente. Os ovos de codornas são pequenos, com cerca de 30 mm de comprimento e 10 g de peso, com um período de incubação de aproximadamente 17 dias.

No Brasil, existem principalmente duas linhagens de codornas: a japonesa (*coturnix coturnix japonica*), que é uma ave menor e desenvolvida exclusivamente para postura e a européia (*coturnix coturnix coturnix*), uma ave maior que se destaca para a produção de carne. Apesar da segunda produzir ovos de maior tamanho, ela é menos eficiente do que a primeira linhagem (Bertechini, 2010).

As codornas japonesas também têm sido exploradas como um modelo animal de pesquisa útil em diversas áreas. Elas foram relatadas pela primeira vez com esta finalidade por Padgett & Ivey (1960) e, desde então, tornaram-se uma espécie comum em laboratórios para uma série de investigações.

Algumas características desta espécie são responsáveis pelo grande crescimento da criação e aumento do interesse neste tipo de investimento. Entre elas, estão a longevidade, rusticidade e resistência a doenças e variações climáticas; rápido crescimento, precocidade na maturidade sexual e alta produção de ovos. Por isso, grupos de pesquisa em genética têm-se dedicado ao melhoramento desta espécie em função do seu grande potencial de produção.

1.2. Proteína na nutrição de codornas

Um dos fatores que têm sido exaustivamente estudados na produção avícola, são os níveis nutricionais, já que aproximadamente 75% dos custos variáveis de produção são provenientes da alimentação (Pinto, 2002). Já as fontes proteicas correspondem em média por 25% dos custos com alimentação (Corrêa et al., 2007) e devem suprir as necessidades das codornas, sem onerar o custo de produção.

Os principais ingredientes da ração, milho e farelo de soja não conseguem atender completamente os requerimentos para manutenção e crescimento, portanto há uma necessidade em suplementar as dietas com aminoácidos industriais.

Considerando essas características, os pesquisadores buscaram determinar o perfil ideal de aminoácidos essenciais, adotando a lisina como o aminoácido referência. A idéia básica é que, embora as exigências de aminoácidos essenciais da ave possam variar entre as diversas situações práticas, as relações entre estes aminoácidos permanecem razoavelmente estáveis (Hackenhaar & Lemme, 2005).

O uso de aminoácidos industriais permitem a formulação de dietas com teores de proteína bruta inferiores em relação às exigências nutricionais. Com isso, pode-se maximizar a utilização dos aminoácidos para síntese proteica e minimizar seu uso como fonte de energia, favorecendo o máximo desempenho animal (Corrêa et al., 2006).

1.3. Aminoácidos essenciais e limitantes

A proteína é o componente mais caro da ração animal, e a qualidade da proteína de um alimento pode ser comparada com a de outro pela composição dos aminoácidos, especialmente a proporção dos nove aminoácidos essenciais (Silva et al., 2014).

Na natureza, podem ser encontrados mais de 200 aminoácidos, mas destes, apenas 20 aminoácidos principais ocorrem nas proteínas, sendo que nem todos são componentes essenciais dietéticos. Aminoácidos essenciais são aqueles que não podem ser sintetizados em quantidade ou velocidade para o crescimento e reprodução de determinada espécie animal (Lewis, 2003).

A metionina é um aminoácido essencial para todas as espécies de animais superiores (NRC, 1994; Lewis, 2003; NRC, 2012) e a cisteína, por outro lado, pode ser sintetizada a partir da metionina, sendo classificada como aminoácido não essencial (Rodwell, 2006; Nelson & Cox, 2009).

Os aminoácidos limitantes vão depender dos ingredientes da ração que está sendo fornecida, e estes restringem a síntese proteica e a eficiência de utilização dos alimentos. Como a grande maioria das dietas práticas para aves são formuladas à base de milho e farelo de soja, o primeiro aminoácido limitante destas dietas é a metionina, por estar presente em baixas concentrações nestes alimentos.

Este princípio de limitação dos aminoácidos pode ser ilustrado pelo "barril de Liebig" em que o nível de preencher o tambor representa a capacidade para a síntese de proteínas do animal. A capacidade do barril é "limitado" pela tábua mais curta (o primeiro aminoácido limitante). No entanto, se a tábua mais curta é alongada (suplementação dietética com o primeiro aminoácido limitante), então a capacidade aumenta para o nível do "segundo limitante". Isto se repete para os próximos aminoácidos limitantes (Dalibard et al., 2014).

1.4. Aminoácidos sulfurados

Os dois aminoácidos que possuem enxofre em sua composição são a metionina e a cisteína. A metionina é um aminoácido essencial, ao passo que a cisteína é um aminoácido não essencial. Dependendo da espécie animal, a cisteína pode ser responsável por até 50% da exigência de metionina na dieta, sendo que esta proporção é inferior nos animais de alto desempenho (Dalibard et al., 2014).

De maneira geral, a molécula de cisteína é muito instável em soluções e pode ser facilmente oxidada no seu dímero, a cistina. Quando a proteína dos alimentos é hidrolisada, a cistina é produzida e, por essa razão, a exigência de aminoácidos sulfurados das rações é normalmente expressa como metionina + cistina (Lewis, 2003).

A cisteína normalmente pode ser encontrada nos alimentos, assim como os demais aminoácidos. Muitas proteínas presentes nos alimentos ou no organismo animal, como alguns hormônios, podem formar uma ligação dissulfeto (S-S) entre duas moléculas de cisteína, formando cistina. Portanto, a quantidade de cisteína é o dobro da quantidade de cistina presente nos alimentos ou nas rações (Lewis, 2003; Rodwell, 2006; Nelson & Cox, 2009).

Em adição ao seu papel essencial como um bloco de construção de proteínas e precursor da cisteína, a metionina também está envolvida numa série de outras vias biossintéticas, como na formação da glutathione peroxidase, que é o mais importante sistema antioxidante corporal.

A metionina é considerada um aminoácido glicogênico, pois seu catabolismo pode gerar intermediários do ciclo do Ácido Cítrico ou da glicólise. Os intermediários do ciclo do ciclo do Ácido Cítrico podem, via fosfoenolpiruvato, gerar piruvato que, por ação da desidrogenase do piruvato, gera acetil-CoA, que é oxidado a CO₂, fazendo com que o aminoácido contribua com a síntese de ATP, assim como os glicídeos e os lipídeos. Ou seja, quando administrados a um animal em jejum, podem na gliconeogênese formar glicose e aumentar a glicemia (D'Mello, 2003).

A cisteína também é um aminoácido glicogênico e participa da estrutura de muitas proteínas, como insulina, imunoglobulinas e queratina, interligando cadeias polipeptídicas por ponte dissulfeto (Baker, 2009). Ela tem a função de estimular o sistema hematopoiético e promovendo a formação de glóbulos brancos e vermelhos. Quando metabolizada, fornece ácido sulfúrico, que reage com outras substâncias para ajudar a desintoxicar o organismo. A cistina também contribui com o processo de cicatrização, diminuindo a dor causada pela inflamação e fortalece o tecido conjuntivo (Reis, 2009).

Todos os aminoácidos utilizados na síntese de proteína devem estar na configuração L. No entanto, é necessário que a forma D-isômero seja convertido em seu respectivo L-isômero. De todos os D-aminoácidos que são convertíveis por animais, a D-metionina é a mais eficaz na substituição de seu isômero L (D'Mello, 2003). A metionina normalmente é suplementada às aves por meio do aminoácido industrial DL-metionina, que possui os isômeros D e L metionina, sendo que metabolicamente ocorre a síntese de cistina.

Dois passos são essenciais para a utilização de D-aminoácidos: em primeiro lugar, o D-isômero deve ser submetido à desaminação oxidativa para o análogo de alfa-cetoácido correspondente; em segundo lugar, este análogo deve, em seguida, ser submetidos a uma reaminação L-específica por meio de uma reação de aminotransferases. Isso não ocorre com a lisina e treonina, pois estas não possuem aminotranferases específicas nos tecidos do animal (D'Mello, 2003).

Os aminoácidos sintéticos podem ser produzidos por fermentação (L-lisina, L-treonina, L-triptofano e L-valina) ou por síntese química (DL-metionina). O processo de fermentação requer basicamente a presença de microrganismo específico e de uma fonte de energia (glicose). Todos os aminoácidos produzidos por fermentação encontram-se na forma L-isômero, pois assim como os animais superiores, os microrganismos (responsáveis pela fermentação) também utilizam o isômero L para síntese de proteínas (Oliveira Neto, 2014). Por outro lado, todo processo químico produz uma mistura

racêmica, ou seja, 50% de D-isômeros e 50% de L-isômeros, sendo essa a razão pela qual a metionina disponível no mercado é chamada de DL-metionina (Lewis, 2003).

1.5. Digestão e absorção

A metionina utilizada para o crescimento do animal é obtida principalmente pela alimentação, mas também por meio da utilização do pool de aminoácidos, formado pela degradação de proteína corporal e, em menor escala, pela proteína endógena eliminada nos intestinos, a qual pode ser degradada e seus aminoácidos absorvidos (Oliveira Neto, 2014).

O processo de digestão e absorção dos aminoácidos não ocorre na boca, no esôfago e no papo das aves. É no proventrículo, também chamado de estômago químico, que tem início a digestão das proteínas, com a quebra da estrutura tridimensional da proteína ingerida, por meio da ação da pepsina (Rutz, 2002).

O objetivo da proteólise do estômago é disponibilizar moléculas de peptídeos que sejam suscetíveis à hidrólise pelas enzimas proteolíticas no intestino delgado. Para isso, é necessário ácido clorídrico para iniciar a conversão do pepsinogênio, secretado pelas células principais do estômago, em pepsina e também para manter a atividade da pepsina. Embora a produção de HCl seja relativamente alta, ocorre pequena digestão no proventrículo, pois há pouca capacidade de armazenamento e a taxa de trânsito da digesta é rápida (Krehbiel & Matthews, 2003)

Os aminoácidos que estão quimicamente ligados devem ser separados da unidade de proteína, antes de passar do lúmen intestinal para o sangue (absorção). Esta separação ocorre no lúmen do intestino, através da ação de enzimas proteolítica (proteases). O processo começa com a desnaturação da proteína e continua com a clivagem de aminoácidos individuais ou como dipeptídeos, tripeptídeos e até seis unidades de aminoácidos (oligopeptídeos) (Dalibard et al., 2014).

Nas aves, a moela possui grande importância na digestão proteica, uma vez que este órgão retém os alimentos e tem ação mecânica com movimentos peristálticos para o proventrículo e para o intestino delgado (Denbow, 2000).

As proteínas, já em processo de digestão promovido pela ação do suco gástrico e pela ação mecânica ocorrida na moela, passam para o intestino delgado. Ao chegar no intestino delgado, as proteínas e polipeptídeos são submetidos às secreções pancreáticas e intestinal. A secreção pancreática pode ser bastante aquosa, rica em íons de bicarbonato,

e isso permite que o pH do lúmen fique próximo do neutro, condição indispensável para a ativação das proteases, que também são secretadas de forma inativa, como ocorre com o pepsinogênio (Bird, 1971).

O pâncreas secreta uma série de enzimas na forma de zimogênios (precursor inativo), permitindo que os vertebrados possam digerir as proteínas exógenas sem destruir a proteína constituinte no estômago e no pâncreas (Krehbiel & Matthews, 2003). As enzimas pancreáticas são a tripsina, quimiotripsina, carboxipeptidases A e B e a elastase (Oliveira Neto, 2014). Já, as enzimas secretadas no intestino delgado, pelos enterócitos presentes na parte superior das vilosidades são a aminopeptidase e várias dipeptidases, responsáveis por hidrolisar os peptídeos, no citosol dos enterócitos, resultantes da digestão realizada pelas enzimas liberadas pelo estômago e pelo pâncreas, em tri e dipeptídeos e aminoácidos livres (Hall, 2011).

A repartição das cadeias peptídicas é levada a cabo por endopeptidases (pepsina, tripsina, quimotripsina) que clivam no centro de uma cadeia e exopeptidases (carboxipeptidases A e B) que clivam a partir das extremidades terminais (Dalibard et al., 2014).

Os aminoácidos e os oligopeptídeos são absorvidos pelas células da mucosa que revestem a superfície do intestino. Essas enzimas, presentes nos enterócitos, estão associadas a diferentes frações celulares, a membrana apical e o citosol (Kim et al., 1972, 1974). As enzimas da membrana apical são anexadas à superfície externa do microvilo e se estendem para fora da superfície luminal do enterócito. Em contraste, as enzimas citosólicas são encontradas dentro da célula e não fazem contato direto com o conteúdo luminal. Como tal, esses dois grupos de enzimas são distintos um do outro, diferindo em localização, propriedades físico-químicas e imunoquímicas (Kim et al., 1972; Nören et al., 1977; Tobey et al., 1985). Além disso, as enzimas apicais parecem ser únicas para o intestino delgado, enquanto que as peptidases citostáticas similares foram encontradas em vários tecidos (Krehbiel & Matthews, 2003).

A absorção de proteína na forma de pequenos peptídeos é de tremenda importância nutricional. A maioria dos fisiologistas aceitam o conceito de que cerca de 70-85% de todos os aminoácidos luminiais são absorvidos no enterócito sob a forma de pequenos peptídeos da digesta, sendo o restante absorvido como aminoácidos livres (Krehbiel & Matthews, 2003). Após a absorção nos enterócitos, no entanto, cerca de 85% de todos os aminoácidos absorvidos aparecem no sangue portal hepático como aminoácidos livres, como resultado da hidrólise intracelular (Ganapathy et al., 1994).

Além do fígado, muitos estudos mostram grande metabolismo da metionina no tecido esplâncnico (estômago, intestinos, pâncreas e baço). Os intensos metabolismos observados nesses órgãos, além de outros tecidos corporais, aumentam a necessidade de metionina, como precursora de vários componentes corporais, como glutathione peroxidase, poliaminas, penas, taurina, sulfeto de hidrogênio, além de sua função na metilação do DNA e de proteínas celulares, os quais são fundamentais para o desenvolvimento normal dos animais (Oliveira Neto, 2014).

A absorção de metionina é muito eficiente e ocorre principalmente no jejuno e no íleo (Stipanuk, 2004). Os produtos da digestão proteica apresentam particularidades em sua absorção, principalmente em relação ao sistema de transporte específicos para cada aminoácido (Dalibard et al., 2014). Tal sistema é saturável, por ser dependente de transportadores. Cada aminoácido apresenta uma velocidade de absorção, em função de sua afinidade por seu carreador específico. Os aminoácidos na forma de L-isômeros são mais rapidamente absorvidos que aquelas na forma de D-isômeros, em função da maior afinidade dos primeiros pelos carreadores (Silva et al., 2014).

1.6. Metabolismo

O metabolismo da proteína é composto, principalmente, por processos de anabolismo e catabolismo. O anabolismo é predominante quando o animal está em crescimento e a proteína é construída no músculo, enquanto que em animais maduros é alcançado o equilíbrio entre síntese e proteólise (Dalibard et al., 2014). O termo “turnover” é utilizado para descrever tanto síntese como degradação da proteína (Waterlow, 2006)

Segundo Oliveira Neto (2014), a metionina e os produtos formados em seu ciclo estão envolvidos com a metilação de RNA, DNA, proteínas e lipídeos; com o principal sistema antioxidante presente no citosol das células (glutathione); com a divisão celular (poliaminas: espermina e espermidina); com a digestão e absorção de lipídeos (taurina) e a ação anti-inflamatória (H₂S). Este processo é formado pelas etapas: metilação, remetilação e transulfuração.

1.6.1. Metilação

A metilação, ou seja, doação de grupos metil (CH_3), consiste na passagem da L-metionina a L-homocisteína. Este processo inicia quando a enzima metionina-adenosil-transferase catalisa a transferência da adenosina (proveniente de uma molécula de ATP) para a metionina, transformando-a em S-adenosil-L-metionina (SAM), forma ativa da metionina (Stipanuk, 2004).

A SAM é considerada o cofator metilante mais potente do organismo, essencial para a biossíntese de vários componentes celulares, sendo ainda utilizada na síntese de poliaminas (Brosnan et al. 2007; Williams & Schalinske, 2007).

A metilação ocorre através da ação da enzima metil-transferase, que doa o grupo metil (CH_3) da molécula de SAM para um produto aceptor (DNA, RNA, lipídeos e proteínas), formando S-adenosil-homocisteína (SAH). Por fim, a enzima adenosil-homocisteína-hidroxilase age retirando o grupo adenosina da SAH, o qual reage com uma molécula de água, formando a L-homocisteína (Stipanuk, 2004).

Outro processo importante durante a metilação é a formação de poliaminas (putrescina, espermidina e espermina) que são encontradas em altas concentrações em locais onde existe elevada divisão celular, como o epitélio intestinal, devido às diversas agressões decorrentes do contato com o alimento e também pela presença de microorganismos no lúmen intestinal (Grimble, 2002; Stipanuk, 2004).

1.6.2. Remetilação

A metionina pode ser regenerada no metabolismo animal pela transferência de um grupo metil para a homocisteína. Esta via é denominada de remetilação e quando combinada com a transmetilação compreende o ciclo da metionina (Brosnan & Brosnan, 2006). Este processo é possível através da ação de duas enzimas: a metionina sintase e a betaína-homocisteína-metiltransferase.

A ação dessas enzimas disponibilizam um grupo metil (CH_3), que é incorporado à homocisteína, associado aos produtos 5-metil-tetrahidrofolato e betaína, formando tetra-hidrofolato e dimetilglicina, respectivamente (Stipanuk, 2004; Bauchart-Thevret et al., 2009; Nelson & Cox, 2009).

O grupo metil é inicialmente transferido para a cobalamina, derivada da vitamina B12, formando metilcobalamina, que é usada como doadora de grupo metil para a

regeneração da metionina e do tetraidrofolato (forma da vitamina que pode ser utilizada para a biossíntese de nucleotídeos) (Nelson & Cox, 2014).

A forma oxidada do tetraidrofolato é uma vitamina (folato ou vitamina B9), convertida por meio de duas etapas em tetraidrofolato, pela ação da enzima diidrofolato-reductase. A fonte principal de unidades de carbono para o tetraidrofolato é a remoção do carbono da serina, em sua conversão em glicina, produzindo N5,N10-metilenotetraidrofolato. Esta reação é catalisada pela serina-hidroximetil-transferase, uma enzima dependente da coenzima piridoxal fosfato, a forma ativa da vitamina B6. Em seguida, o N5,N10-metilenotetraidrofolato é convertido a N5-metiltetraidrofolato em uma reação irreversível catalisada pela N5,N10-metileno-tetraidrofolato-reductase, utilizando o NADH como doador de elétrons. Ao doar seu grupo metil para a homocisteína, o N5-metiltetraidrofolato é reconvertido em tetraidrofolato, fechando uma sequência de reações que é denominada ciclo do folato (Nijhout et al., 2006; Reed et al., 2006; Nelson & Cox, 2014).

Quando o grupo CH₃ é doado pela betaína, a reação é catalisada pela betaína-homocisteína-metil-transferase (BHMT) com a formação de metionina e dimetilglicina. A betaína pode ser obtida a partir da dieta ou do metabolismo, pela conversão irreversível da colina em betaína (Stead et al., 2006; Reed et al., 2006). Todavia, a via de metilação da homocisteína, a partir da betaína, parece apresentar uma baixa eficiência no metabolismo, provavelmente por causa da limitada distribuição da enzima BHMT nos tecidos, estando presente principalmente no fígado e nos rins (Skomial et al., 2004; Stead et al., 2006).

Reed et al. (2006) reiteram ainda que a concentração de homocisteína é relativamente insensível à betaína quando o status de folato é normal ou alto. A remetilação é favorecida quando há baixas concentrações de metionina ou de Sadenosil metiltransferase (SAM). Quando há maiores quantidade de metionina, ou de SAM, a rota de transulfuração é a mais ativada, havendo maior produção de cistina (Finkelstein, 1998).

1.6.3. Transulfuração

O primeiro passo da transulfuração envolve a reação irreversível entre homocisteína e L-serina, catalisada pela enzima cistationa β -sintase, que resulta na formação da cistationa, que sofre a ação da enzima cistationa γ -liase, formando a cisteína

(Stipanuk, 2004; Nelson & Cox, 2009). Estas rotas são consideradas de grande importância, já que o excesso de homocisteína no organismo está relacionado a diversas doenças (Laurenti, 2005).

Apesar de todas as células serem capazes de realizar a metilação e a remetilação, o catabolismo da homocisteína via transulfuração é restrito aos tecidos que contenham as enzimas cistationa β -sintase e cistationa γ -liase (Quere et al., 1999). Segundo Brosnan et al. (2007), a via da transulfuração apresenta alta atividade apenas no fígado, rins, intestino delgado e pâncreas.

A cisteína, formada neste processo, é responsável pela formação de vários componentes corporais importantes, como a cistina, taurina, sulfeto de hidrogênio e a glutathiona (Stipanuk, 2004).

A glutathiona (GSH) é o sistema antioxidante mais abundante nas células animais. Ela age no citosol, no metabolismo de nutrientes, na expressão de genes, na síntese de proteínas e DNA, na proliferação celular, na sinalização celular para controlar a apoptose, no sistema imune e na glutathionização de proteínas (Grimble, 2002; Stipanuk, 2004; Bauchart-Thevret et al., 2009).

Quando a metionina é fornecida em quantidades suficientes, a metilação é realizada normalmente, formando a homocisteína. Sob este status nutricional, a remetilação consome 38% da homocisteína, enquanto a transulfuração consome 62% da homocisteína presente na célula (Storch et al., 1988).

Por outro lado, dietas livres de metionina reduzem drasticamente (70%) a metilação ou a formação da homocisteína. Já, a remetilação ou a formação da metionina pela homocisteína é aumentada de 36 para 67%, considerando indivíduos recebendo dietas com níveis adequados em metionina e indivíduos consumindo dietas sem metionina, respectivamente (Storch et al., 1990).

Outro ponto importante no metabolismo da metionina é que a deficiência de algumas vitaminas, como B6, B12 e folato, que são utilizadas como cofatores enzimáticos pode alterar a atividade das enzimas envolvidas no metabolismo da metionina, prejudicando o controle das concentrações de homocisteína (Lima et al., 2006; Zhang et al., 2009).

1.7. Catabolismo

Quando a proteína dietética é deficiente, a proteína endógena, particularmente do músculo esquelético (maior reservatório corporal de aminoácidos), é degradada para gerar uma fonte de aminoácidos. Por outro lado, quando há um excesso da proteína dietética, esta não pode ser armazenada e é degradada e desaminada, deste modo, disponibilizando esqueletos de carbono para a biossíntese de gorduras e carboidratos, sendo o excesso de nitrogênio excretado na forma de ácido úrico nas aves (Hughes, 2003).

Durante os períodos de deficiência energética, as proteínas podem ser catabolisadas para fornecerem energia para a manutenção de processos vitais. Contudo, em comparação com o metabolismo das gorduras e dos carboidratos, a eficiência do processo é muito baixa. Os esqueletos de carbono dos aminoácidos são metabolizados para fornecerem energia e a amônia é excretada. Isto é conseguido através da síntese do ácido úrico em aves, processo com alto gasto de energia (Dalibard et al., 2014).

Dentre todos os aminoácidos, a metionina possui baixa taxa de excreção corporal, sendo ativamente reabsorvida e reutilizada pelo corpo, devido à sua grande importância biológica (Grimble, 2002; Stipanuk, 2004).

1.8. Exigência de metionina + cistina para codornas

A deficiência de aminoácidos reduz o crescimento do animal e pode causar problemas renais e hepáticos. Entretanto, quando adicionado à ração em níveis muito superiores às exigências do animal, apresenta risco de fígado gorduroso na ave (Parr & Summers, 1991).

De acordo com o NRC (1994), as dietas de codornas japonesas devem conter 0,50% e 0,45% de metionina total e 0,75% e 0,70% de metionina + cistina total nas fases de crescimento e postura, respectivamente. Porém, pesquisas recentes têm sugerido que os níveis de metionina acima das recomendações do NRC (1994) podem resultar em melhor desempenho (Reis et al., 2011; Rostagno et al., 2011; Rostagno et al., 2017).

Trabalhos desenvolvidos na fase de crescimento, como o de Parvin et al. (2010), avaliaram cinco níveis de metionina total (0,35, 0,45, 0,50, 0,55 e 0,6%) para codornas japonesas, de 0 a 35 dias de idade, em dietas com 0,4% de cisteína, 23% de proteína bruta e 2.900 Kcal kg⁻¹ de energia metabolizável. Os melhores níveis encontrados foram de

0,50% para o crescimento e 0,55% para a resposta imune celular máxima, correspondendo aos níveis de 0,90 e 0,95% de metionina + cisteína total, respectivamente.

Trabalhando com codornas japonesas de 0 a 5 semanas de idade, Kaur et al. (2008), avaliaram nove dietas a base de milho e farelo de soja, incluindo três níveis de energia metabolizável (2.700, 2.897 e 3.097 Kcal kg⁻¹ de EM) por três níveis de aminoácidos essenciais (baixo, médio e alto) em um desenho fatorial 3 × 3. Concluindo que o nível ótimo para ganho de peso foi de 2.700 Kcal kg⁻¹ de EM, com 25,83% de PB, 1,49% de lisina, 0,58% de metionina (1,05% de metionina + cistina) e 1,17% de treonina. No entanto, para a melhor resposta em conversão alimentar, as codornas requereram dietas com 3.097 Kcal kg⁻¹ de EM, com 23,23% de PB, 1,30% de lisina, 0,50% de metionina (0,94% de metionina + cistina total) e 1,02% de treonina de 0-5 semanas de idade.

Em um experimento de dose-resposta, com codornas japonesas de 7 a 21 dias de idade, Khosravi et al. (2015) avaliaram sete níveis de metionina total (0,38, 0,43, 0,48, 0,53, 0,58, 0,63 e 0,68%) sobre uma dieta basal com nível de cisteína mantido a 0,39%, para garantir que as dietas experimentais fossem individualmente deficientes em metionina. Os autores puderam concluir que o melhor nível para ganho de peso foi de 0,52% de metionina e 0,91% de metionina + cisteína total na dieta.

Com codornas de 1 a 42 dias de idade, Abd-Elsamee (2014) testaram dois níveis de PB, baixo e médio (20 e 22%) associado a dois níveis de metionina (0,4 e 0,5%) e dois níveis de ácido fólico (1,7 e 3,4 mg/kg diet). Os autores concluíram que os maiores níveis testados de cada variável melhoraram o desempenho, a digestibilidade dos nutrientes, o balanço de nitrogênio, as características da carcaça e a rentabilidade da criação. Isto porque o ácido fólico atua no processo de remetilação da homocisteína para a metionina, causando um efeito positivo em dietas com baixos teores de metionina.

Mehri et al. (2016) conduziram um experimento para determinar energia metabolizável aparente e exigência de aminoácidos sobre a fase de crescimento de codornas japonesas. Para os aminoácidos sulfurados encontraram as exigências de 0,88% de metionina + cistina digestível, 0,95% de metionina + cistina total e uma relação de 0,67 de metionina + cistina digestível : lisina digestível. Também com codornas japonesas na fase de crescimento, Pinto et al. (2003a) buscaram determinar a exigência de metionina + cistina. Os tratamentos consistiram de seis relações metionina + cistina digestível: lisina digestível (0,48, 0,53, 0,58, 0,63, 0,68 e 0,75). A melhor relação metionina mais cistina

digestível: lisina digestível para as codornas japonesas em crescimento foi de 0,66, sendo a exigência em metionina + cistina digestível estimada em 0,758%.

Trabalhando com codornas de corte, Grieser (2015) avaliou as exigências de metionina e de cistina digestível, nos períodos de 1 a 14 e de 15 a 35 dias de idade, concluindo que as exigências de metionina digestível e de cistina digestível para o máximo desempenho no período de 1 a 14 dias de idade foram de 0,66% e 0,60%, e no período de 15 a 35 dias de idade foram de 0,63% e 0,58%, respectivamente. Também com codornas de corte, Ferreira et al (2012) e Corrêa et al (2006) estudaram a exigência de metionina + cistina total a partir de seis tratamentos (0,73; 0,79; 0,85; 0,91; 0,97 e 1,03%). Os primeiros autores concluíram que a exigência de metionina+cistina para máximo ganho de peso na fase inicial (1 a 21 dias) é de 0,95%, e para fase total (1 a 35 dias) de criação é de 0,93%. Os segundos autores concluíram que a exigência de metionina + cistina para máximo ganho de peso é de 0,95% no período inicial (7 a 21 dias) e 0,73% no período final (22 a 42 dias) de criação.

Trabalhos mais antigos, como os de Svacha et al. (1970) encontraram a exigência de 0,74% e 0,72% de metionina + cistina para codornas japonesas, de 0 a 3 semanas de idade e de 4 a 5 semanas de idade, respectivamente.

Um experimento conduzido por Lima (2012) teve o objetivo de avaliar a relação entre metionina + cistina digestível e lisina digestível na dieta de codornas japonesas na fase de crescimento (1 a 40 dias) com repercussão na fase inicial de postura (41 a 110 dias de idade). As relações entre metionina + cistina e lisina foram de 0,54; 0,60; 0,66; 0,72 e 0,78, podendo concluir que a relação metionina + cistina: lisina digestível de 0,73 (0,766 % de M+C /1,05 % de lisina) na dieta de 1 a 40 dias proporcionou crescimento uniforme e desempenho satisfatório de codornas japonesas na fase de postura.

Shim & Chen (1989) testaram diferentes fontes de metionina e seus efeitos na maturidade sexual de codornas japonesas em crescimento, concluindo que codornas alimentadas com a dieta com maior teor de metionina tiveram maior peso de ovário, peso do oviduto, comprimento do oviduto e produção de ovos.

Já na fase de postura, Sarcinelli (2017) realizou três ensaios, com o objetivo de avaliar as respostas de codornas japonesas na fase de postura para desenvolver modelos de exigência de treonina (Thr), metionina + cistina (Met + Cys) e triptofano (Trp) a partir do método fatorial. A partir no modelo broken line, estimou a máxima resposta para massa de ovos com 9,49 g/d de metionina + cistina.

Scottá et al. (2011) buscaram determinar o melhor nível de metionina + cistina digestível e a melhor relação metionina + cistina digestível:lisina digestível em diferentes níveis de proteína para codorna em postura, em um esquema fatorial 2x5, dois níveis de proteína bruta (19,5% e 21,5%) e cinco níveis de metionina + cistina digestível (0,60%; 0,67%; 0,74%; 0,81% e 0,88%). Para o nível de 19,5% de proteína, 0,60% de metionina + cistina digestível e relação metionina + cistina digestível:lisina digestível de 0,66% foram suficientes para otimizar a produção. Para o nível de 21,5% de proteína 0,851% de metionina + cistina digestível com relação metionina + cistina digestível:lisina digestível de 0,935% houve melhor produção de ovos.

Também com codornas japonesas na fase de produção, Costa et al. (2009) realizaram um experimento com o objetivo de determinar a exigência de metionina + cistina digestível para maior produção e melhor qualidade dos ovos. O nível estimado de metionina + cistina digestível foi de 0,696%.

Pinto et al (2003b) buscaram determinar a exigência de metionina + cistina para codornas japonesas em postura utilizando seis relações metionina + cistina digestível: lisina digestível (0,60, 0,65, 0,70, 0,75, 0,80 e 0,85). A exigência em metionina + cistina digestível foi estimada em 0,727% e a melhor relação metionina + cistina digestível: lisina digestível para as codornas japonesas em postura foi estimada em 0,80.

Segundo Harms et al. (1999), a metionina é um importante fator no controle do tamanho do ovo, pois a poedeira consome energia para sustentar a quantidade de ovos produzidos, mas o peso dos ovos depende dos níveis de aminoácidos da dieta, principalmente os sulfurados.

Estudos evidenciam o aumento dos sólidos totais dos componentes dos ovos quando utilizados níveis mais altos dos aminoácidos lisina e metionina. Segundo Shafer et al. (1996), os componentes internos do ovo são quase inteiramente proteicos, uma carência de proteína resultaria em decréscimo na qualidade do albúmen, gema e consequentemente no tamanho do ovo.

De acordo com Leeson & Summers (2001), o ovo contém cerca de 12% de PB, sendo que 55% está presente no albumen, 42% na gema e 3% na casca. Esta composição química é bastante estável e difícil de ser modificada nutricionalmente em função dos seus componentes serem segregados pelas células epiteliais do oviduto.

1.9. Referências

- ABD-ELSAMEE, M. O.; ABBAS, H. F.; SELIM, M. M.; OMARA, I. I. Effect of different levels of protein, methionine and folic acid on quail performance. **Egyptian Poultry Science**, v.34, p.979-991, 2014.
- BAKER, D. H. Advances in protein-amino acid nutrition of poultry. **Amino acids**, v.37, p.29-41, 2009.
- BAUCHART-THEVRET, C.; STOLL, B.; BURRIN, D. G. Intestinal metabolism of sulfur amino acids. **Nutrition Research Reviews**, v.22, p.175-187, 2009.
- BERTECHINI, A. G. Situação atual e perspectivas para a coturnicultura no Brasil. In: 4º SIMPÓSIO INTERNACIONAL E 3º CONGRESSO BRASILEIRO DE COTURNICULTURA, 2010, Lavras. **Anais**. Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2010.
- BIRD, F. H. Distribution of trypsin and amylase activities in the duodenum of domestic fowl. **British Poultry Science**, v.12, p.278-373, 1971.
- BROSNAN, J. T.; BROSNAN, M. E. The sulfur-containing amino acids: an overview. **Journal of Nutrition**, v. 136, p.1636S-1640S, 2006.
- BROSNAN, J. T.; BROSNAN, M. E.; BERTOLO, R. F. P.; BRUNTON, J. A. Methionine: a metabolically unique amino acid. **Livestock Science**, v.112, p.2-7, 2007.
- CORRÊA, G. S. S.; SILVA, M. A.; CORRÊA, A. B.; ALMEIDA, V.; FONTES, D. O.; TORRES, R. A.; DIONELLO, N. J. L.; FREITAS, L. S.; VENTURA, R. V.; PAULO, A. A.; SILVA, J. V.; SANTOS, G. G. Exigência de metionina + cistina total para codornas de corte em crescimento. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, p.414-420, 2006.
- CORRÊA, G. S. S.; SILVA, M. A.; CORRÊA, A. B.; FONTES, D. O.; SANTOS, G. G.; TORRES, R. A.; DIONELLO, N. J. L. FREITAS, L. S.; FRIDRICH, A. B. Exigência de proteína bruta para codornas de corte EV1 em crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, p.1278-1286, 2007.
- COSTA, F. G. P.; RODRIGUES, V. P.; GOULART, C. C.; VARGAS JR, J. G.; SILVA, J. H. V.; SOUZA, J. G. Nutritional requirements of digestible methionine + cystine for

Japanese quails in production phase. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.2389-2393, 2009.

D'MELLO, J. P. F. **Amino acid in farm animal nutrition**. 2nd ed. CABI Press, Wallingford, 2003.

DALIBARD, P.; HESS, V.; LE TUTOUR, L.; PEISKER, M.; PERIS, S.; GUTIERREZ, A. P.; REDSHAW, M. **Amino Acids in Animal Nutrition**. 1st ed. Fefana Publication, Belgium, 2014.

DENBOW, D. M. Gastrointestinal anatomy and physiology. In: WHITTOW, G. C. **Sturkie's avian physiology**. 5th ed. Academic Press, London, UK, 2000, p. 299-325.

FERREIRA, F.; CORRÊA, G. S. S.; CORRÊA, A. B.; SILVA, M. A.; FELIPE, V. P. S.; WENCESLAU, R. R.; FREITAS, L. S.; GODINHO, R. M.; DIONELLO, N. J. L. Exigência de metionina + cistina para codornas de corte durante a fase de crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, p.120-126, 2012.

FINKELSTEIN, J. D. The metabolism of homocysteine: pathways and regulation. **European Journal of Pediatrics**, v.2, p.S40-4, 1998.

GANAPATHY, V.; BRANDSCH, M.; LEIBACH, F. H. Intestinal transport of amino acids and peptides. In: JOHNSON, L.R. (ed.) **Physiology of the Gastrointestinal Tract**, 3rd ed. Raven Press, New York, 1994, p.1773-1794.

GRIESER, D. O. **Relações entre aminoácidos sulfurosos e colina para codornas de corte em crescimento**. 2015. 136p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

GRIMBLE, R. F. Sulphur amino acids, glutathione and immune function. In: FIELD, C. J., GILL, H. S. **Nutrition and immune function**. Cabi Publishing, Wallingford, UK, p.134-150, 2002.

HACKENHAAR, L. AND LEMME, A. Como reduzir o nível de proteína em dietas de frangos de corte, garantindo desempenho e reduzindo custos. In: SIMPÓSIO GOIANO DE AVICULTURA - AVESUI, 2005, Goiânia, **Anais**, p.134-150.

HALL, J. E. **Textbook of medical physiology**. 12th ed. Saunders Elsevier, Mississippi, 2011.

HARMS, R. H.; HINTON, K. L.; RUSSEL, G. B. Energy: methionine ratio and formulating feed for commercial layers. **Journal Applied Poultry Research**, v.8, p.272-279, 1999.

HUGHES, M. R. Regulation of salt gland, gut and kidney interactions. *Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: Molecular & Integrative Physiology*, v.136, p.507-524, 2003.

KAUR, S.; MANDAL, A. B.; SINGH, K. B.; KADAM, M. M. The response of Japanese quails (heavy body weight line) to dietary energy levels and graded essential amino acid levels on growth performance and immuno-competence. **Livestock Science**, v.117, p.255-262, 2008.

KHOSRAVI, H.; MEHRI, M.; BAGHERZADEH-KASMANI, F.; ASGHARI-MOGHADAM, M. Methionine requirement of growing Japanese quails. **Animal Feed Science and Technology**, v.212, p. 122-128, 2015.

KIM, Y. S.; BIRTHWHISTLE, W.; KIM, Y. W. Peptide hydrolases in the brush border and soluble fractions of small intestinal mucosa of rat and man. **Journal of Clinical Investigation**, v.51, p.1419–1430, 1972.

KIM, Y. S.; KIM, Y. W.; SLEISENGER, M. H. Studies on the properties of peptide hydrolases in the brush border and soluble fractions of small intestinal mucosa of rat and man. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.370, p.283–296, 1974.

KREHBIEL, C. R.; MATTHEWS, J. C. Absorption of Amino Acids and Peptides. In: D'MELLO, J. P. F. **Amino Acids in Animal Nutrition**. 2nd ed. CABI Publishing, Edinburgh, UK, 2003, p.41-70.

LAURENTI, R. Nível sérico de homocisteína: hiperhomocisteinemia como fator de risco para doenças cardiovasculares. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v.51, p.181-194, 2005.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Nutrition of the chicken**. 4th ed. Guelph, University Books, 2001.

LEWIS, A. J. Methionine-Cystine relationships in pig nutrition. In: D'MELLO, J. P. F. **Amino acids in farm animal nutrition**. 2nd ed., Cabi Press, Wallingford, UK, 2003. p.143-155.

LIMA, C. P.; DAVIS, S. R.; MACKEY, A. D.; SCHEER, J. B.; WILLIAMSON, J. J.; GREGORY, F. Vitamin B-6 deficiency suppresses the hepatic transsulfuration pathway but increases glutathione concentration in rats fed AIN-76A or AIN-93G diets. **Journal of Nutrition**, v.136, p.2141-2147, 2006.

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**. 2012. 79p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MACARI, M.; MENDES, A. A. **Manejo de matrizes de corte**. Facta, Campinas, SP, 2005.

MEHRI, M.; GHAZAGHI, M.; BAGHERZADEH-KASMANI, F.; ROKOUEI, M. A simple estimation of ideal profile of essential amino acids and metabolizable energy for growing Japanese quail. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.100, p.680-685, 2016.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger: Principles of Biochemistry**. 5th ed. H. W. Freeman and Company, New York, 2009.

NELSON, D. L.; COX, M. M., **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 6th ed., Artmed, Porto Alegre, 2014.

NIJHOUT, H. F.; REED, M. C.; ANDERSON, D. F.; MATTINGLY, J. C.; JAMES, J.; ULRICH, C. M. Long-range allosteric interactions between the folate and methionine cycles stabilize DNA methylation reaction rate. **Epigenetics**, v.1, p. 81-87, 2006.

NÓREN, O.; DABELSTEEN, E.; SJOSTROM, H.; JOSEFSSON, L. Histological localization of two dipeptidases in the pig small intestine and liver using immunofluorescence. **Gastroenterology**, v.72, p.87-92, 1977.

NRC - National Research Council. **Nutrient requirement of swine**. 11th ed. National Academy Press, Washington, DC, 2012.

NRC - National Research Council. **Nutrient requirements of poultry**. 8th ed. National Academy Press, Washington, DC, 1994.

OLIVEIRA NETO, A. R. Metabolismo e Exigência de Metionina. In: SAKOMURA, N. K.; SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P.; FERNANDES, J. B. K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de Não Ruminantes**. 1st ed. Funep, Jaboticabal, 2014, p. 188-217.

PADGETT, C. S.; IVEY, W. D. The normal embryology of the Coturnix quail. **Anatomical Record**, v.137, p.1–11, 1960.

PARR, J. F.; SUMMERS, J. D. The effects of minimizing amino acid excess in broiler diets. **Poultry Science**, v.70, p.1540-1549, 1991.

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 Science Food Agriculture**, v.90, p.471–481, 2010.

PINTO R. **Exigência de metionina mais cistina e de lisina para codornas japonesas nas fases de crescimento e de postura**. 2002. 89p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PINTO, R.; DONZELE, J. L.; FERREIRA, A. S.; ALBINO, L. F. T; SOARES, R. T. R. N.; SILVA, M. A.; PEREIRA, T. A. Exigência de metionina mais cistina para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1166-1173, 2003b.

PINTO, R.; FERREIRA, A. S.; DONZELE, J. L.; ALBINO, L. F. T; SILVA, M. A.; SOARES, R. T. R. N.; PEREIRA, C. A. Exigência de metionina mais cistina para codornas japonesas em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1174-1181, 2003a..

PIOVACARI, S. M.; SHIMA, M.; CARDOSO, R. Imunonutrição. **Enstein: Educação Continuada em Saúde**, v.6, p.41-43, 2008.

QUERE, I.; PAUL, V.; ROUILLAC, C.; JANBON, C.; LONDON, J.; DEMAILLE, J.; KAMOUN, P.; DUFIER, J. L.; ABITBOL, M.; CHASSÉ J. F. Spatial and temporal expression of the cystathionine β -synthase gene during early human development. **Biochemical and Biophysical Research**, v.254, p.27–37, 1999.

REED, M. C.; NIJHOUT, H. F.; NEUHOUSER, M. L.; GREGORY, J. F.; SHANE, B.; JAMES, J.; BOYNTON, A.; ULRICH, C. M. A mathematical model gives insights into nutritional and genetic aspects of folate-mediated one-carbon metabolism. **Journal of Nutrition**, v.136, p.2653–2661, 2006.

REIS, R. S. **Relação metionina mais cistina com lisina em dietas para codornas japonesas em postura**. 2009. 43p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

RODWELL, V. W. **Metabolism of protein and amino acids**. 4th ed. Harper's Biochemistry. Lange Medical Books, New York, 2006.

RUTZ, F. Metabolismo Intermediário. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia Aviária Aplicada a Frangos de Corte**. 1st ed. Funep, Jaboticabal, 2002. p.175-185.

SARCINELLI, M. F. Modelo matemático para estimar os níveis ótimos de lisina, metionina + cistina, treonina e triptofano para codornas japonesas em produção. 2017. 89p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

SCOTTÁ, B. A.; VARGAS JR., J. G.; PETRUCCI, F. B.; DEMUNER, L. F.; COSTA, F. G. P.; BARBOSA, W. A.; MARIN, J. F. V. Metionina mais cistina digestível e relação metionina mais cistina digestível:lisina para codornas japonesas. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, v.12, p.729-738, 2011.

SHAFER, D. J.; CAREY, J. B.; PROCHASKA, J. F. Effect of dietary methionine intake on egg component yield and composition. **Poultry Science**, v.75, p.1080-1085, 1996.

SHIM, K. F.; CHEN, E.V. Methionine requeriment and its effect on the feather loss of laying Japanese quail. **Nutrition Reports International**, v.40, p.1003-1010, 1989.

SILVA, A. P. **Níveis de cálcio e fósforo na dieta de codornas japonesas (coturnix coturnix japonica) em diferentes fases do ciclo de produção e seus efeitos sobre desempenho produtivo e qualidade dos ovos**. 2011. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P.; LIMA, R. B. Digestão e Absorção das Proteínas. In: SAKOMURA, N. K.; SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P.; FERNANDES, J. B. K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de Não Ruminantes**. 1st ed. Funep, Jaboticabal, 2014. p. 97-109.

SIMON, J. Choline, betaine and methionine interactions in chickens, pigs and fish (including crustaceans). **Worlds Poultry Science Journal**, v.55, p.353-374, 1999.

SKOMIAL, J.; GAGUCKI, M.; SAWOSZ, E. Urea and homocysteine in the blood serum of pigs fed diets supplemented with betaine and an enhanced level of B group vitamins. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v.13, p.53-56, 2004.

STEAD, L. M.; BROSNAN, J. T.; BROSNAN, M. E., VANCE, D. E; JACOBS, R. L. Is it time to reevaluate methyl balance in humans? **American Journal of Clinical Nutrition**, v.83, p.5–10, 2006.

STIPANUK, M. H. Sulfur amino acid metabolism: pathway for production and removal of homocysteine and cysteine. **Annual Review Nutrition**, v.24, p.539-577, 2004.

STORCH, K. J.; WAGNER, D. A.; BURKE, J. F.; YOUNG, V. R. Quantative study *in vivo* of methionine cycle in humans using [methyl- 2H3]- and [1-13C]methionine. **American Journal Physiology**, v.255, p.E322-E331, 1988.

STORCH, K. J.; WAGNER, D. A.; BURKE, J. F.; YOUNG, V. R. [1-13C; methyl-2H3]methionine kinetics in humans: methionine conservation and cysteine sparing. **American Journal Physiology**, v.258, p.E790-E798, 1990.

SVACHA, A.; WEBER, C. W.; REID, B. L. Lysine, methionine and glycine requeriments of Japanese quail to five weeks of age. **Poultry Science**, v.49, p.54-59, 1970.

TOBEY, N.; YEH, R.; HUANG, T. I.; HEIZER, W.; HOFFNER, C. Human intestinal brush border peptidases. **Gastroenterology**, v.88, p.913–926, 1985.

WATERLOW, J. C. **Protein turnover**. Cabi Publishing, Cambridge, 2006.

WILLIAMS, K. T.; SCHALINSKE, K. L. New insights into regulation of methyl group and homocysteine metabolism. **Journal of Nutrition**, v.137 p.311–314, 2007.

WU, G.; DAVIS, D. A. Interrelationship among methionine, choline and betaine in channel catfish – *Ictalurus punctatus*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.36, p.337-345, 2005.

ZHANG, Z.; KEBREAB, E.; JING, M.; RODRIGUEZ–LECOMPTE, J. C.; KUEHN, R.; FLINTOFT, M.; HOUSE, J. D. Impairments in pyridoxine–dependent sulphur amino acid metabolism are highly sensitive to the degree of vitamin B6 deficiency and repletion in the pig. **Animal**, v.3, p.826–837, 2009.

II - OBJETIVOS GERAIS

Objetivou-se com esse estudo estimar a exigência nutricional de metionina + cistina digestível para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) nas fases de crescimento (cria e recria) e de produção para máximo desempenho zootécnico.

2.1. Objetivos Específicos

- Estimar a exigência de metionina + cistina digestível para codornas japonesas nas fases de cria (1 a 14 dias de idade), recria (15 a 42 dias de idade) e postura (43 a 168 dias), a partir dos resultados de desempenho zootécnico das aves;
- Avaliar o efeito residual das aves em fase de postura, que receberam níveis de metionina + cistina digestível na fase de recria, a partir dos parâmetros de desempenho, produção e qualidade de ovos de codornas japonesas.
- Determinar a composição química corporal, a taxa de deposição de proteína e gordura corporal, a energia retida na carcaça e o peso de órgãos de codornas japonesas aos 14, 42 e 168 dias de idade, submetidas a níveis de metionina + cistina digestível;
- Analisar a produção e qualidade de ovos de codornas japonesas em postura, quando submetidas a níveis de metionina + cistina digestível.

III - Exigência de metionina + cistina digestível para codornas japonesas em crescimento

RESUMO - Objetivou-se com esse trabalho, estimar a exigência nutricional de metionina + cistina digestível para codornas japonesas, durante a fase de crescimento e o efeito residual destes na fase de postura. Foram realizados três experimentos, sendo o experimento I, no período de 1 a 14 dias de idade (cria); o experimento II, no período de 15 a 42 dias de idade (recria); e o experimento III, no período de 43 a 168 dias de idade (postura). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) com 5 tratamentos (0,52; 0,64; 0,76; 0,88 e 1,00 % de metionina + cistina digestível) e 5 repetições. No experimento I, foram utilizadas 48 codornas/ unidade experimental (box); no experimento II, foram utilizadas 31 codornas/ unidade experimental (box), sendo que estas foram criadas até os 14 dias, recebendo ração convencional e, no experimento III, foram selecionadas 12 codornas/ unidade experimental do experimento II para avaliar o efeito residual. Para avaliação do desempenho zootécnico, analisaram-se o consumo de ração (g/ave), peso corporal (g), ganho de peso (g), conversão alimentar (g/g) e viabilidade (%). Aos 14 e 42 dias de idade, foi avaliado o peso relativo (%) dos órgãos fígado, baço, bolsa cloacal, o empenamento das aves (%) e a composição química corporal (%). Durante a postura, foram avaliados o desempenho e a qualidade de ovos. Nas fases de cria e recria, foram observados efeitos quadráticos ($P < 0,05$) para todas as variáveis de desempenho e peso relativo do fígado. No experimento I, também foi observado efeito quadrático ($P < 0,05$) para o peso relativo da bolsa cloacal. Os resultados de desempenho na postura confirmam as estimativas obtidas na fase de recria, porém não houve efeito ($P > 0,05$) sobre a qualidade dos ovos. Considerando a melhor conversão alimentar, a recomendação nutricional de metionina + cistina digestível para codornas japonesas na fase de cria é de 0,85 % e na fase de recria é de 0,77 %, correspondendo ao consumo diário de 50,43 e 158,5 mg de metionina + cistina digestível / dia, respectivamente.

Palavras-chave: aminoácidos sulfurados, conversão alimentar, efeito residual, qualidade de ovos.

III – Requirement of digestible methionine + cystine for growing Japanese quail

ABSTRACT - The objective of this work was to determine the nutritional requirement of methionine + cysteine for Japanese quails during the growth phase and the residual effect of these in the laying phase. Three experiments were conducted, with experiment I on period from 1 to 14 days old (first phase), experiment II on period of 15 to 42 days old (second phase) and experiment III in the period of 43 to 168 days old (laying phase). The experimental design was complete randomized (DIC) with 5 treatments (0.52, 0.64, 0.76, 0.88 and 1.00% methionine + digestible cysteine) and 5 replicates. On experiment I 48 quails / experimental unit were used, on experiment II were used 31 quails / experimental unit, which were created until 14 days with a conventional diet and in experiment III were selected 12 quails / experimental unit of experiment II to evaluate the residual effect. For the performance evaluation, parameters of feed intake (g / bird), body weight (g), weight gain (g), feed conversion (g / g) and viability (%) were analyzed. At 14 and 42 days of age, the relative weight (%) of the liver, spleen, bursa and poultry warp were evaluated (%) and body chemical composition (%). The performance, productivity and egg quality parameters were evaluated during laying phase. In the first and second phases, quadratic effects ($P < 0.05$) were observed for all performance variables and relative liver weight, except viability in experiment II which presented a linear increasing effect. On experiment I, a quadratic effect ($P < 0.05$) was also observed for the relative weight of bursa. The laying performance results confirm the estimates obtained during the second phase, but there was no effect ($P > 0.05$) on egg quality. Considering a better feed conversion, nutritional recommendation of digestible methionine + cysteine for Japanese quails at the first phase is 0.85% and at the second phase is 0.77%, correspondendo ao consumo diário de 50,43 e 158,5 mg de metionina + cistina digestível / dia, respectivamente..

Keywords: egg quality, feed conversion, residual effect, sulfur amino acids.

3.1. Introdução

O adequado conhecimento das exigências nutricionais possibilita a formulação de dietas com um correto balanço de nutrientes para cada espécie animal de acordo com a fase do desenvolvimento em que se encontra. Segundo Toledo et al. (2007), as exigências dos aminoácidos, relativas à dieta, são elevadas nas primeiras semanas de idade e vão diminuindo com o aumento da idade das aves.

A proteína é o componente mais caro da ração animal, e a sua qualidade em um alimento pode ser comparada com a de outro pela composição dos aminoácidos, especialmente a proporção dos nove aminoácidos essenciais (Silva et al., 2014).

A partir dos avanços nas pesquisas científicas em nutrição e metabolismo animal, bem como na tecnologia de produção dos aminoácidos industriais a preços compatíveis, tornou-se possível a formulação de rações com níveis de aminoácidos mais próximos das necessidades do animal (Murakami & Garcia, 2014), favorecendo a utilização dos aminoácidos para a síntese proteica ao invés de serem direcionados como fonte de energia (Corrêa et al., 2006).

Em dietas a base de milho e farelo de soja, não é possível atender completamente os requerimentos das codornas para manutenção e crescimento, portanto, há uma necessidade de suplementá-las com aminoácidos industriais. Assim, a metionina é considerada o primeiro aminoácido limitante para o crescimento das aves, por estar presente nestes alimentos em pouca quantidade, associado às necessidades diárias deste aminoácido serem elevadas.

Os dois aminoácidos que possuem enxofre em sua estrutura são a metionina e a cisteína. A metionina é considerada um aminoácido essencial para todas as espécies de animais superiores (NRC, 1994; Lewis, 2003; NRC, 2012) e a cisteína, por outro lado, pode ser sintetizada a partir da metionina, sendo classificada como aminoácido não essencial (Rodwell, 2006; Nelson & Cox, 2009).

Dependendo da espécie animal, a cisteína pode ser responsável por até 50% da exigência de metionina na dieta, sendo que esta proporção é inferior nos animais de alto desempenho (Dalibard et al., 2014). De maneira geral, a molécula de cisteína é muito instável em soluções e pode ser facilmente oxidada no seu dímero, a cistina. Quando a proteína dos alimentos é hidrolisada, a cistina é produzida e, por essa razão, a exigência de aminoácidos sulfurados das rações é normalmente expressa como metionina + cistina (Lewis, 2003)

Assim, um dos grandes desafios da nutrição é fornecer proteína em quantidade e qualidade ideais para garantir o crescimento, desenvolvimento e futuramente a produção de ovos. Já que as condições nutricionais estabelecidas durante o período de crescimento influenciam o desempenho das aves na fase de produção (Lima et al. 2016).

Diante disto, foram realizados três experimentos com o objetivo de determinar as exigências nutricionais de metionina + cistina digestível para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) nas fases de cria (1 a 14 dias – experimento I) e recria (15 a 42 dias – experimento II) para máximo desempenho zootécnico e avaliar o efeito residual destes tratamentos na fase inicial de postura (43 a 168 dias de idade – experimento III).

3.2. Material e métodos

Os procedimentos experimentais foram aprovados pelo comitê de Ética e Biossegurança da Universidade Estadual de Maringá (Protocolo Número 9195040417).

3.2.1. Animais, dietas e delineamento experimental

O experimento foi realizado no setor de coturnicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), pertencente à Universidade Estadual de Maringá (UEM), durante os meses de julho a dezembro de 2015.

As aves de 1 dia, adquiridas de um criatório comercial (linhagem Vicami), foram alojadas num galpão convencional com “boxes” de 2,5 m² com cobertura de telha francesa, piso de terra batida e paredes laterais de alvenaria com telas de arame até o telhado, providas de cortinas laterais e com cama de palha de arroz sobre o piso.

Foram realizados três experimentos para determinar as exigências nutricionais de metionina + cistina digestível durante a fase de crescimento, sendo o experimento I no período de 1 a 14 dias de idade (cria), o experimento II no período de 15 a 42 dias de idade (recria) e o experimento III no período de 43 a 168 dias de idade (postura), para avaliar o efeito residual dos tratamentos recebidos na recria. As codornas utilizadas para a determinação das exigências nutricionais de metionina + cistina digestível no experimento I foram alojadas de acordo com o delineamento experimental. As codornas utilizadas no experimento II foram criadas convencionalmente até o início do período experimental, aos 14 dias de idade, conforme as exigências propostas por Rostagno et al. (2011).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) com 5 tratamentos (0,52; 0,64; 0,76; 0,88 e 1,00 % de metionina + cistina digestível) e 5 repetições, para ambos os experimentos (I e II). No experimento I, foram utilizadas 48 codornas, fêmeas, por unidade experimental (box), totalizando 1200 aves. No experimento II, foram utilizadas 31 codornas, fêmeas, por unidade experimental (box), totalizando 775 aves.

Aos 43 dias, foram selecionadas 12 aves por unidade experimental utilizadas no experimento II para serem realojadas em gaiolas de postura, com o objetivo de avaliar o efeito residual dos tratamentos recebidos na recria sobre a fase de produção (43 a 168 dias de idade – experimento III), sendo que durante este período as aves receberam ração convencional de acordo com exigências propostas por Rostagno et al. (2011).

Até o 10º dia de idade, foram utilizados círculos de proteção e campânulas elétricas com lâmpadas de secagem infravermelha (250 W) por 24 horas, como fonte de aquecimento. De 1 a 42 dias de idade, o programa de iluminação utilizado foi por meio de luz natural. A partir dos 43 dias, o programa de luz iniciou com 14 horas de luz e semanalmente foram adicionados 30 minutos até atingir 17 horas de luz natural + artificial, sendo controlado com o auxílio de relógio automático (*timmer*).

Os dados de temperatura mínima e máxima (experimento I - 22,55 °C e 30,00 °C, experimento II - 20,95 °C e 26,11 °C, experimento III – 18,61 °C e 28,92 °C) e umidade relativa do ar (experimento I – 31,07% e 76,00%, experimento II – 51,38% e 86,76%, experimento III – 61,18% e 88,01%) foram registrados no início da manhã e no final da tarde, por meio de termômetros de bulbo seco, localizados na mesma altura das aves e em três pontos do galpão.

Na formulação das rações experimentais, foram considerados os valores de composição química dos alimentos propostos por Rostagno et al. (2011), exceto para os valores do milho e farelo de soja, que foram previamente determinados em laboratório especializado (Evonik Degussa Brasil Ltda.) (Tabela 1).

Tabela 1. Composição centesimal das rações experimentais para codornas japonesas nas fases de cria e recria (experimentos I e II)

Ingredientes	Metionina + Cistina digestível(%)				
	0,52	0,64	0,76	0,88	1,00
Milho grão	59,00	59,00	59,00	59,00	59,00
Farelo de soja 45%	30,84	30,84	30,84	30,84	30,84
Ácido Glutâmico	3,88	3,75	3,62	3,49	3,36
Óleo de Soja	0,92	0,89	0,86	0,83	0,80
Inerte ¹	1,26	1,3	1,34	1,38	1,42
Fosfato monocalcico	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43
Calcário calcítico	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38
Suplemento vit/min ²	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Sal comum	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
L-Lisina HCl	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
DL-Metionina	0,00	0,12	0,24	0,36	0,48
L-Treonina	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
L-Triptofano	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Antioxidante ³	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Total (kg)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

¹Inerte: areia. ²Suplementação vitamínica/mineral (níveis de garantia por kg de ração): Vit. A – 1.000.000 UI; Vit. D3 – 300.000 UI; Vit E – 2.000 UI; Vit. B1 – 250 mg; Vit. B2 – 600 mg; Vit. B6 – 500 mg; Vit. B12 – 2.000 mcg; Vit. K3 – 300 mg; Pantotenato de Cálcio – 1.200 mg; Niacina – 2.4000 mg; Ácido fólico – 100 mg; Biotina – 20 mg; Colina – 30 g C; Zinco - 5 g; Ferro – 5 g; Manganês – 6 g; Cobre – 1.200 mg; Iodo – 100 mg; Cobalto – 20 mg; Selênio – 25,2 mg. ³BHT (Butil Hidroxi Tolueno)

As rações foram formuladas para atender às exigências propostas por Rostagno et al. (2011) para codornas japonesas nas fases de cria e recria, exceto para metionina + cistina (experimento I e II) (Tabela 2).

Tabela 2. Composição nutricional calculada das rações experimentais para codornas japonesas nas fases de cria e recria (experimentos I e II)

Nutrientes	Metionina + Cistina digestível (%)				
	0,52	0,64	0,76	0,88	1,00
EM ¹ (kcal kg ⁻¹)	2900	2900	2900	2900	2900
Proteína bruta (%)	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00
Cálcio (%)	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Fósforo disponível (%)	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
Lisina digestível (%)	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12
Treonina digestível (%)	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
Triptofano digestível (%)	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Sódio (%)	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Cloro (%)	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
Potássio (%)	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
BED ² (mEq kg ⁻¹)	170,02	170,02	170,02	170,02	170,02

¹Energia Metabolizável; ²Balanço eletrolítico da dieta, sendo calculado de acordo com Mogin (1981): BED = (mg/kg de Na⁺ da ração/22,990) + (mg/kg de K⁺ da ração/39,102) - (mg/kg de Cl⁻ da ração/35,453)

As rações foram formuladas à base de milho e farelo de soja, de forma a serem isocálcicas, isofosfóricas, isoenergéticas e isoaminoacídicas, exceto para metionina + cistina digestíveis. Os diferentes níveis de metionina + cistina digestíveis da ração foram ajustados variando as quantidades de DL-Metionina (99%), ácido glutâmico, óleo de soja e inerte (areia).

Para calcular o balanço eletrolítico das rações experimentais (170 mEq/Kg), foi levado em consideração o peso molecular de cada elemento químico, de acordo com Mongin (1981).

3.2.2. Desempenho zootécnico

Para avaliação do desempenho zootécnico (experimento I e II), as codornas foram pesadas semanalmente e, simultaneamente, foram realizadas as pesagens das rações experimentais fornecidas para determinação do consumo de ração (g.ave^{-1}), peso corporal (g), ganho de peso (g), conversão alimentar (g/g) e viabilidade (%).

O experimento III foi subdividido em 5 ciclos de produção com 21 dias cada, sendo avaliado a partir do 64º dia de vida, idade em que a produção de ovos ficou homogênea, portanto, as aves e rações foram pesadas ao final de cada ciclo para determinação do consumo de ração (g/ave), peso corporal (g), conversão alimentar por massa de ovos (g.g^{-1} de ovos), conversão alimentar por dúzia de ovos (g.dz^{-1} de ovos) e viabilidade (%).

Os ovos foram coletados diariamente, pela manhã a fim de se calcular a taxa de postura (%) e produção de massa de ovos ($\text{g ovos.ave.dia}^{-1}$), contabilizando todos os ovos produzidos.

3.2.3. Composição química corporal

Para a determinação da composição química corporal, foram utilizados o “pool” de 4 aves aos 14 dias de idade (experimento I) e de 2 aves aos 42 dias de idade (experimento II), selecionadas pelo peso médio ($\pm 5\%$), utilizando a metodologia descrita por Sakomura & Rostagno (2007).

As aves selecionadas foram submetidas a jejum alimentar de cinco horas e posteriormente foram sacrificadas utilizando insensibilização via intravenosa por barbitúrico tiopental (100 mg/kg), seguido de deslocamento cervical.

Após o abate, foram congeladas e posteriormente moídas em moedor de carne industrial. Em seguida, as amostras foram homogeneizadas, pesadas e levadas à estufa de ventilação forçada a 55°C para realização da pré-secagem. Após 72 horas, foram retiradas da estufa e pesadas novamente.

Depois de pré-secas, estas amostras foram moídas em moinho tipo faca e levadas ao laboratório para determinações dos teores de matéria seca (MS - procedimento nº 925,09), matéria mineral (MM - procedimento nº 923,03), proteína bruta (PB - procedimento nº 920,87) e gordura (GB procedimento - nº 920,85), de acordo com as metodologias descritas por AOAC (2005).

Para determinação da taxa de deposição de proteína (TDP) e da taxa de gordura (TDG) corporal (g.dia⁻¹), foram abatidas 20 codornas com 1 dia de idade, para análise comparativa da composição química corporal das aves aos 14 e 42 dias. Foi considerada a quantidade de proteína e gordura (g) na carcaça final, subtraindo as respectivas quantidades ao início do experimento, dividido pelo período experimental (dias), conforme descrito por Fraga (2008).

Para obter o valor de energia retida na carcaça (ERC), foi utilizada a equação descrita por Sakomura (2004), a partir dos valores energéticos da proteína (5,66 Kcal/g) e da gordura (9,37 Kcal/g).

3.2.4. Peso relativo dos órgãos e empenamento

No final dos experimentos I e II (14 e 42 dias de idade), foram selecionadas 2 aves por unidade experimental, dentro do peso médio ($\pm 5\%$), para mensuração do empenamento e peso relativo dos órgãos.

Estas aves foram submetidas a jejum alimentar de cinco horas, para completo esvaziamento do trato gastrointestinal e novamente pesadas (Peso 1) antes de serem sacrificadas. Após o abate, as codornas foram escaldadas (a 55°C, por 10 segundos), depenadas e novamente pesadas (Peso 2), para a quantificação do peso das penas por diferença (Peso 1 – Peso 2) (Cooper et al., 1997).

As mesmas aves, após a quantificação do empenamento, foram evisceradas por meio de corte abdominal realizado com tesoura cirúrgica para a extração dos órgãos:

baço, fígado e bolsa cloacal, aos 14 dias (experimento I) e aos 42 dias de idade (experimento II), além do ovário apenas aos 42 dias.

Estes órgãos foram pesados individualmente em balança de precisão para obtenção do peso relativo (%) em relação ao peso da ave (Peso 1).

3.2.5. Qualidade de ovos

Nos três últimos dias de cada ciclo (experimento III), todos os ovos foram devidamente identificados, pesados individualmente em balança de precisão digital (0,01g) e selecionados três ovos dentro do peso médio de todos os ovos ($\pm 10\%$) da unidade experimental, para realização das análises de qualidade interna e externa.

Foi realizada a análise de gravidade específica, com todos os ovos coletados, através da imersão dos mesmos em diferentes concentrações de solução salina, ajustando a densidade por meio de um densímetro de Baumé variando 0,005 g.mL⁻¹ desde 1,060 a 1,085 g.mL⁻¹, de acordo com a metodologia descrita por Hamilton (1982).

Para as demais análises foram utilizados os três ovos/ repetição, previamente selecionados. Estes ovos foram seccionados na porção equatorial com tesoura cirúrgica e o conteúdo interno disposto numa superfície de vidro para realização das medidas de altura (mm) e diâmetro (mm) da gema e do albúmen (denso), com auxílio de paquímetro digital (marca Digimess, com precisão de 0,02mm). A partir da altura do albúmen e do peso do ovo, foi obtida a unidade Haugh, de acordo com Haugh (1937).

Após a realização das medidas, a gema e o albúmen foram separados para a pesagem da gema em balança de precisão. O peso do albúmen foi obtido subtraindo-se do peso do ovo, os pesos da gema e da casca.

O peso da casca por unidade de superfície de área (PCSA) foi determinado a partir de fórmula adaptada por Rodrigues et al. (1996).

3.2.6. Análise estatística

A análise estatística dos dados foi realizada por meio do ambiente estatístico R (R Core Team, 2013). Para o teste dos efeitos ($P < 0,05$), foi adotado o modelo abaixo descrito, e em seguida, foi verificado o atendimento do pressuposto da normalidade dos resíduos.

$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 A_i + \beta_2 A_i^2 + e_{ij}$$

Y_{ij} = variável medida na unidade experimental j, alimentada com dieta contendo o nível i de metionina + cistina;

A_i = nível de metionina + cistina ($A_{i1} = 0,52$; $A_{i2} = 0,64$; $A_{i3} = 0,76$; $A_{i4} = 0,88$; $A_{i5} = 1,00$ %)

β_0 = constante geral;

β_1 = coeficiente de regressão linear simples em função do nível de metionina + cistina;

β_2 = coeficiente de regressão linear quadrático em função do nível de metionina + cistina;

e_{ij} = erro aleatório associado a cada observação.

Havendo efeito significativo dos fatores ($P < 0,05$), procedeu-se às análises de regressão polinomial para os níveis de metionina + cistina digestível, buscando estimar o modelo de melhor ajuste dos dados, de acordo com Montgomery (2012).

As estimativas de exigência de metionina + cistina para cada variável significativa, foram obtidas pelo modelo quadrático conforme proposto por Sakomura e Rostagno (2016).

3.3. Resultados

As variáveis de desempenho, de 1 a 14 dias de idade, apresentaram efeito quadrático ($P < 0,05$) em relação aos níveis de metionina + cistina digestível (M+C) da dieta. Os níveis ótimos de M+C foram de 0,73%, 0,89%, 0,85%, 0,84% e 0,87% para consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar, viabilidade e peso médio aos 14 dias de idade, respectivamente. (Tabela 3).

Ao avaliar a influência dos níveis de metionina + cistina testados sobre o empenamento das aves e sobre os pesos relativos dos órgãos linfóides e fígado, observou-se que não houve diferença significativa ($P > 0,05$) sobre os pesos das penas e do baço. Porém, o menor peso relativo do fígado apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$), estimando o nível ótimo de 0,89% de M+C na ração, respectivamente.

Tabela 3. Desempenho médio e peso relativo dos órgãos de codornas japonesas, de 1 a 14 dias de idade (experimento I), em função dos níveis de metionina + cistina digestível

M+C (%)	0,52	0,64	0,76	0,88	1,00	EP
Desempenho						
CR (g ave ⁻¹)	85,13	81,46	83,22	83,49	86,23	0,476
GP (g)	24,65	32,37	35,62	37,42	36,44	0,958
CA (g g ⁻¹)	3,45	2,52	2,34	2,23	2,37	0,093
VI (%)	88,05	95,00	97,38	94,23	95,83	0,823
PM (g)	31,59	38,90	42,33	44,70	42,30	0,954
Peso relativo						
Penas (%)	7,65	8,06	7,90	7,63	7,96	0,056
Fígado (%)	4,65	4,13	3,67	3,60	3,70	0,091
Bolsa cloacal (%)	0,18	0,14	0,14	0,14	0,14	0,007
Baço (%)	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	0,002
Equações de regressão				Valor de P	R ²	Estimativas MCD (%)
CR = 112,0959-81,95984 M+C +56,23016 M+C ²				0,002 (Q)	0,40	0,73
GP = -36,1169+165,9043 M+C -93,4524 M+C ²				<0,001 (Q)	0,97	0,89
CA = 10,22818-18,90198 M+C +11,08135 M+C ²				<0,001 (Q)	0,94	0,85
VI = 40,45107+134,97214 M+C -80,68452 M+C ²				0,004 (Q)	0,50	0,84
PM = -32,9958+177,0257 M+C -101,5476 M+C ²				<0,001 (Q)	0,95	0,87
Fígado = 9,63862-13,5511 M+C +7,63889 M+C ²				0,001 (Q)	0,72	0,89

M+C: metionina + cistina digestível; CR: consumo de ração; GP: ganho de peso; CA: conversão alimentar; VI: viabilidade; PM: peso médio aos 14 dias; EP: erro padrão; R²: coeficiente de determinação; Q: efeito quadrático.

No experimento II (15 a 42 dias de idade) foram observados efeitos quadráticos (P<0,05) sobre o consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar e peso médio aos 42 dias de idade, estimando como nível ótimo de 0,77% para as três primeiras variáveis citadas e 0,80% para peso médio aos 42 dias de idade (Tabela 4).

Aos 42 dias de idade, não foram observados efeitos significativos (P>0,05) dos níveis de metionina + cistina sobre o peso relativo das penas, bolsa cloacal, baço e ovários. No entanto, o peso relativo do fígado foi influenciado pelos níveis avaliados, apresentando um efeito quadrático (P<0,05) e estimando 0,76% de M+C na ração.

Tabela 4. Desempenho médio e peso relativo dos órgãos de codornas japonesas de 15 a 42 dias de idade (experimento II), em função dos níveis de metionina + cistina digestível

M+C (%)	0,52	0,64	0,76	0,88	1,00	EP
Desempenho						
CR(g ave ⁻¹)	608,57	580,67	573,76	589,47	598,65	3,507
GP (g)	102,59	108,18	109,55	108,35	103,81	0,642
CA (g g ⁻¹)	5,93	5,37	5,24	5,44	5,77	0,061
VI (%)	93,08	93,82	98,37	99,35	97,42	0,747
PM (g)	145,73	148,35	149,79	149,54	147,64	0,462
Peso relative						
Penas (%)	7,72	8,39	7,70	8,80	7,80	0,112
Fígado (%)	2,56	2,31	2,25	2,18	2,60	0,039
Bolsa cloacal (%)	0,19	0,18	0,15	0,20	0,17	0,008
Baço (%)	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,002
Ovário (%)	0,03	0,02	0,02	0,04	0,03	0,002
Equações de regressão				Valor de P	R ²	Estimativas MCd (%)
CR = 860,6537-738,8402 M+C +480,0298 M+C ²				0,002 (Q)	0,46	0,77
GP = 42,66782+174,3998 M+C -113,3135 M+C ²				<0,001 (Q)	0,77	0,77
CA = 11,45729-16,12373 M+C +10,46627 M+C ²				<0,001 (Q)	0,72	0,77
PM = 115,79022+85,17294 M+C -53,2837 M+C ²				0,002 (Q)	0,42	0,80
Fígado = 5,99622-9,975635 M+C +6,5377 M+C ²				<0,001 (Q)	0,70	0,76

M+C: metionina + cistina digestível; CR: consumo de ração; GP: ganho de peso; CA: conversão alimentar; VI: viabilidade; PM: peso médio aos 42 dias; EP: erro padrão; R²: coeficiente de determinação; Q: efeito quadrático; L: efeito linear.

Dentre as variáveis de composição química, taxa de deposição de proteína, gordura e energia retida na carcaça para ambas as fases de crescimento (experimento I e II), não foram observados efeitos significativos ($P>0,05$) dos níveis de metionina + cistina na ração (Tabela 5).

As aves que receberam durante a recria os níveis de metionina + cistina digestível (0,52% a 1,00%), apresentaram diferentes respostas durante a fase de postura, mesmo recebendo uma dieta única e basal nesta fase. Estas respostas indicam a repercussão dos tratamentos experimentais do crescimento sobre o desempenho das aves na postura.

Tabela 5. Composição química corporal¹ e deposição de proteína/gordura em codornas japonesas na fase de crescimento (experimento I e II) em função dos níveis de metionina + cistina na ração.

M+C (%)	0,52	0,64	0,76	0,88	1,00	EP
14 dias						
PB (%)	56,63	58,09	60,13	58,19	56,80	0,737
GB (%)	13,99	13,67	12,70	14,04	13,67	0,394
MM (%)	11,44	12,35	11,89	11,78	11,46	0,155
TDP (g d ⁻¹)	0,39	0,39	0,40	0,40	0,35	0,007
TDG (g d ⁻¹)	0,09	0,09	0,08	0,09	0,09	0,003
ERC (kcal g ⁻¹)	3,06	3,02	3,05	3,15	2,80	0,045
42 dias						
PB (%)	59,01	65,64	62,76	62,09	61,54	0,741
GB (%)	17,10	15,36	18,23	17,30	17,06	0,370
MM (%)	11,68	11,59	11,08	10,01	10,38	0,191
TDP (g d ⁻¹)	0,71	0,79	0,78	0,77	0,75	0,012
TDG (g d ⁻¹)	0,22	0,24	0,25	0,25	0,24	0,005
ERC (kcal g ⁻¹)	6,14	6,75	6,78	6,65	6,47	0,109

¹ Dados apresentados em valores de matéria seca. M+C: metionina + cistina digestível; PB: proteína bruta; GB: gordura bruta; MM: matéria mineral; TDP: taxa de deposição de proteína; TDG: taxa de deposição de gordura; ERC: energia retida na carcaça; EP: erro padrão.

As variáveis consumo de ração diário, conversão alimentar por massa de ovos, conversão alimentar por dúzia de ovos e viabilidade, apresentaram efeito quadrático ($P < 0,05$), possibilitando estimar os níveis de 0,87%, 0,82%, 0,76% e 0,77% de M+C, o que indica a melhor resposta aos níveis de metionina + cistina estudados durante a fase de crescimento (Tabela 6).

Não foi observado efeito significativo ($P > 0,05$) sobre as variáveis peso médio da ave, massa de ovos, taxa de postura e idade ao primeiro ovo.

Tabela 6. Desempenho médio de codornas japonesas na fase de postura (experimento III) em função dos níveis de metionina + cistina digestível oferecidos durante a fase de crescimento

M+C (%)	0,52	0,64	0,76	0,88	1,00	EP
PM (g)	174,02	173,88	174,12	173,20	172,69	0,80
CRD (g ave dia ⁻¹)	31,08	29,62	27,92	26,88	28,30	0,33
MO (g ave dia ⁻¹)	9,90	9,92	9,86	9,80	9,57	0,08
TXP (%)	89,49	88,47	89,01	88,29	89,00	0,59
CMO (g g de ovos ⁻¹)	3,14	2,99	2,83	2,75	2,96	0,04
CDZ (g dz de ovos ⁻¹)	0,41	0,41	0,39	0,39	0,42	0,00
IPO (dias)	56,20	56,00	56,20	55,00	55,60	0,37
VI (%)	80,39	99,33	97,00	96,67	84,93	1,68
Equações de Regressão				Valor de P	R ²	Estimativas MCd (%)
CRD = 51,4748-55,2544 M+C +31,7956 M+C ²				<0,001 (Q)	0,75	0,87
CMO = 5,5052-6,5652 M+C +3,9881 M+C ²				0,001 (Q)	0,49	0,82
CDZ = 0,5921-0,5261 M+C +0,3472 M+C ²				0,043 (Q)	0,17	0,76
VI = -73,9994+452,9223 M+C -294,4544 M+C ²				<0,001 (Q)	0,75	0,77

M+C: metionina + cistina digestível; PM: peso médio da ave; CRD: consumo de ração diário; MO: massa de ovos; TXP: taxa de postura; CMO: conversão alimentar por massa de ovos; CDZ: conversão alimentar por dúzia de ovos; IPO: idade ao primeiro ovo; VI: viabilidade; EP: erro padrão; R²: coeficiente de determinação; Q: efeito quadrático.

Com relação à qualidade interna e externa dos ovos, os diferentes tratamentos de M+C, oferecidos durante a fase de crescimento, não apresentaram efeito significativo (P>0,05) sobre a qualidade dos ovos produzidos (Tabela 7)

Tabela 7. Qualidade de ovos de codornas japonesas na fase de postura (experimento III) em função dos níveis de metionina + cistina digestível oferecidos durante a fase de crescimento

M+C (%)	0,52	0,64	0,76	0,88	1,00	EP
Albúmen (%)	62,69	62,52	62,49	62,61	62,57	0,11
Casca (%)	7,31	7,32	7,38	7,40	7,31	0,04
Gema (%)	29,99	30,15	30,12	29,98	30,19	0,10
IG	0,47	0,47	0,47	0,48	0,48	0,01
PCSA	3,73	3,75	3,77	3,78	3,70	0,01
GE (g ml ⁻¹)	1,05	1,05	1,05	1,07	1,06	0,00
PO (g)	11,06	11,21	11,08	11,10	10,76	0,05
UH	93,41	93,97	93,70	93,54	93,67	0,18

M+C: metionina + cistina digestível; IG: índice de gema; PCSA: peso da casca por superfície de área; GE: gravidade específica; PO: peso do ovo; UH: Unidade Haugh; EP: erro padrão.

3.4. Discussão

Os resultados de desempenho encontrados neste trabalho mostram de forma consistente através das variáveis analisadas que há uma necessidade fisiológica destes aminoácidos em quantidade suficiente para que a ave possa expressar uma resposta de crescimento, desenvolvimento e produtividade. Isto porque, em todas as fases, as estimativas de metionina + cistina digestível foram muito próximas, quando comparadas entre as variáveis de desempenho.

A exigência de metionina + cistina, em % da dieta, foi maior na primeira fase do crescimento (1 a 14 dias) em relação à segunda fase (15 a 42 dias) devido a maior deposição proteica nos primeiros dias de vida.

Esta divisão de fases para a determinação das exigências nutricionais é de grande importância, já que os nutrientes presentes na ração devem suprir a necessidade fisiológica com diferentes proporções de proteínas, gorduras, minerais, vitaminas e água, de acordo com o desenvolvimento do animal.

Finco et al. (2016) realizaram trabalhos de curvas de crescimento com codornas de postura da linhagem Vicami, utilizada neste experimento, para caracterizar as fases do seu desenvolvimento corporal e seus componentes químicos que são fontes primordiais para o desenvolvimento de programas nutricionais capazes de influenciar a performance destas aves de forma eficiente. Estes autores destacaram a importância desta divisão principalmente nos primeiros dias de vida, onde o crescimento e a deposição proteica são mais intensos.

Tanto o NRC (1994) quanto as Tabelas Brasileiras de Aves e Suínos de Rostagno et al. (2011) apresentam uma única exigência de metionina + cistina para o crescimento. No entanto, as tabelas mais atuais apresentam a fase de crescimento subdividida em cria e recria, como as de Silva & Costa (2009), 1 a 21 dias e 22 a 42 dias, e Rostagno et al. (2017), 1 a 14 dias e 15 a 35 dias.

Dentre os aminoácidos utilizados na nutrição animal, a metionina merece destaque especial, pois além de ser o aminoácido iniciador do processo de tradução da síntese de proteínas eucarióticas (Nelson & Cox, 2014), ela promove a formação de produtos especializados de grande importância no metabolismo.

As referências para metionina + cistina digestível em codornas japonesas atualmente são limitadas e as condições experimentais são variáveis, principalmente as

condições ambientais e as linhagens utilizadas, talvez por ser uma espécie que ainda não se tem um padrão genético bem definido.

Em geral, são utilizadas as recomendações do NRC (1994), que são antigas e se encontram desatualizadas, visto que as linhagens modernas apresentam maiores exigências. As últimas tabelas publicadas, de Silva & Costa (2009) e Rostagno et al. (2011, 2017), apresentam valores mais próximos da realidade brasileira, porém ambas trabalham com materiais genéticos distintos, levando a estimativas diferentes.

Segundo o NRC (1994), as dietas de codornas japonesas devem conter 0,75% de metionina + cistina total na fase de crescimento (0,68% de metionina + cistina digestível), de acordo com valores estimados por Shrivastav & Panda (1987). Porém, trabalhos recentes têm sugerido que os níveis de metionina acima das recomendações do NRC (1994) podem resultar em melhor desempenho (Kaur et al., 2008; Parvin et al., 2010; Khosravi et al., 2015; Rostagno et al., 2017), já que nos últimos 30 anos, houve um melhoramento genético desta espécie, transformando-a em uma ave mais produtiva e, conseqüentemente, com maiores necessidades nutricionais para direcionar a deposição de tecidos que melhoram sua eficiência.

Para as respostas de máximo ganho de peso, foram estimadas as exigências de 0,89% e 0,77% de metionina + cistina digestível para as fases de cria e recria, respectivamente. Observamos maior exigência na fase de cria devido ao maior pico de crescimento nesta primeira fase. Parvin et al. (2010) observaram que os níveis de metionina influenciaram o ganho de peso apenas na fase de 0 a 21 dias, não havendo efeito significativo durante o período de 21 a 35 dias.

Em trabalhos desenvolvidos a partir da determinação da exigência de lisina, utilizando o conceito de proteína ideal, Rostagno et al. (2017) recomendam a exigência de 0,74% e 0,69% de metionina + cisteína digestível, em dietas com 24,36% e 23,01% de proteína bruta para codornas japonesas nas fases de cria e recria, respectivamente.

Trabalhos desenvolvidos por Kaur et al. (2008), Parvin et al. (2010) e Khosravi et al. (2015) apresentaram as exigências de metionina + cistina para codornas japonesas na fase de crescimento na forma de aminoácidos totais, 0,94%, 0,90% e 0,91%, respectivamente. Kaur et al. (2008) utilizaram milho, farelo de soja e arroz, Parvin et al. (2010) formularam com milho, farelo de soja, arroz e farinha de peixe e Khosravi et al. (2015) com milho, trigo e farelo de soja.

Rostagno et al. (2017) recomendam considerar a digestibilidade dos aminoácidos para aves como sendo, em média, de 90%, em dietas a base de milho e farelo de soja.

Porém, os trabalhos encontrados na literatura, como citados anteriormente, normalmente expressam os resultados na base de aminoácidos totais e comumente utilizam alimentos alternativos, dificultando a comparação dos resultados.

Além disso, ao analisar os resultados de diversos trabalhos, deve-se ter uma atenção especial ao nível de proteína bruta da ração. Estes devem ser atendidos de forma a evitar que as aves utilizem o nitrogênio dos aminoácidos essenciais na síntese de aminoácidos não essenciais e prejudiquem o desempenho animal. Na medida em que se reduz o teor de proteína, o nitrogênio não essencial pode-se tornar um fator limitante nas rações (Rostagno et al., 2017). A síntese de aminoácidos não essenciais tem uma demanda energética e o correto balanço entre aminoácidos essenciais e não-essenciais pode proporcionar maior eficiência na utilização do nitrogênio da dieta (Van Milgen & Dourmad, 2015).

Para a conversão alimentar obteve-se as exigências de 0,85% e 0,77% de metionina + cistina digestível para as fases de cria e recria, respectivamente, valores muito próximos aos estimados para ganho de peso. Segundo Ren et al. (2013), todos os aminoácidos possuem várias funções metabólicas, porém, sua principal função está relacionada com a formação de proteína corporal (massa muscular), fazendo com que sua suplementação favoreça a expressão genética para ganho de peso e conversão alimentar.

Ao formular as rações experimentais procurou-se utilizar o menor nível possível de metionina + cistina digestível (0,52%) em rações a base de milho e farelo de soja para que fosse possível estimar as exigências em ambas as fases. Nos trabalhos de Kaur et al. (2008) e Parvin et al. (2010), não foi possível estimar o melhor nível pela conversão alimentar, dos 21 aos 35 dias de idade, possivelmente porque o nível de proteína bruta da dieta era acima de 23% e o menor nível testado era de 0,83% e 0,75% de metionina + cistina total, respectivamente.

Nas aves, o fígado é considerado o órgão mais relevante na avaliação do desempenho, pois centraliza o metabolismo geral, alterando seu peso e atividades metabólicas (Barbosa et al., 2010). Os resultados deste trabalho mostram que o peso do fígado apresentou efeito quadrático, diminuindo até o ponto de inflexão da curva e estimando os valores de 0,89% e 0,80% de metionina + cistina digestível nas fases de cria e recria, respectivamente, indicando que estes níveis favoreceram uma menor atividade catabólica, uma vez que o peso relativo foi menor comparado aos outros tratamentos.

As penas possuem uma alta concentração de aminoácidos sulfurosos na sua estrutura, sendo que aproximadamente 2% de metionina e 25% de cistina são

direcionados da dieta das aves para a formação destas (Leeson & Summers, 2001; Oliveira Neto, 2014). Porém, neste trabalho, os níveis de aminoácidos sulfurosos utilizados na dieta não influenciaram de forma significativa o empenamento das aves, corroborando com os resultados obtidos por Lima et al. (2016), que também não observaram este efeito.

Ao avaliar o peso relativo dos órgãos linfóides, baço e bolsa cloacal, que possuem importante função imunológica na produção de anticorpos, os resultados indicaram que os níveis avaliados não influenciaram o peso destes, concordando com os trabalhos de Kaur et al. (2008) e Parvin et al. (2010) que também não encontraram efeito significativo para essas variáveis.

Pôde-se observar também que os níveis de metionina + cistina testados não influenciaram de forma significativa a composição química da carcaça, a taxa de deposição de proteína/ gordura e a energia retida. Esse resultado, possivelmente ocorreu devido à grande importância biológica destes aminoácidos, que primeiramente são requeridos e utilizados para compor moléculas essenciais ao metabolismo.

Segundo Brosnan et al. (2007) e Williams & Schalinske (2007), a SAM, forma ativa da metionina, é considerada o cofator metilante mais potente do organismo, essencial para a biossíntese de vários componentes celulares, como a carnitina, fosfatidilcolina, creatina, epinefrina, melatonina, proteínas, DNA e RNA.

Assim como a metionina, a cisteína também está envolvida na produção de proteínas, sendo responsável pela formação de vários componentes corporais importantes, como as mucinas, o GSH, taurina e sulfato de hidrogênio (H₂S) (Stipanuk, 2004; Nelson & Cox, 2014).

Todos estes compostos formados a partir do metabolismo da metionina desempenham papéis fundamentais no metabolismo lipídico, na integridade e manutenção das funções intestinais, na proteção dos danos causados por agentes oxidantes e na resposta pró-inflamatória.

Com base nos resultados de desempenho observados na fase de postura (experimento III), foi possível confirmar as estimativas obtidas na fase de recria. Variáveis como, conversão alimentar por massa de ovos, conversão alimentar por dúzia de ovos, viabilidade e consumo de ração, apresentaram efeito quadrático indicando que os níveis de 0,82%, 0,76%, 0,77% e 0,87% de metionina + cistina digestível, respectivamente, utilizados na fase de recria foram suficientes para influenciar esses parâmetros produtivos na postura.

Concordando com estes resultados, Lima et al. (2016) também observaram efeito residual dos níveis de metionina + cistina fornecidos no crescimento sobre a fase de postura, influenciando o consumo de ração e a conversão alimentar por dúzia de ovos de forma linear crescente.

Estes resultados indicam que dietas de recria, com 0,77% de metionina + cistina, conforme estimado (tabela 4), foram suficientes para aumentar a produtividade em quantidade (número de ovos), que estão diretamente relacionados com a conversão alimentar por dúzia de ovos (0,76%). Porém, para repercutir sobre a qualidade dos ovos aumentando o peso destes, seria necessário uma suplementação de 0,82% de metionina + cistina na recria, pois a conversão alimentar por massa de ovos relaciona o consumo, a taxa de postura e o peso dos ovos.

Segundo Harms et al. (1999), a poedeira consome energia para sustentar o número de ovos, mas o peso dos ovos depende dos níveis de aminoácidos da dieta, principalmente os sulfurados, sendo a metionina um importante fator no controle do tamanho do ovo. Estudos evidenciam o aumento dos sólidos totais dos componentes dos ovos quando utilizados níveis mais altos de aminoácidos sulfurosos, influenciando diretamente no peso dos ovos (Keshavarz, 1995; Bregendahl et al. 2008; Brumano et al, 2010a; Brumano et al, 2010b; Schmidt et al, 2011). Porém, a composição química dos ovos é bastante estável e difícil de ser modificada nutricionalmente em função dos seus componentes serem segregados pelas células epiteliais do oviduto (Leeson & Summers, 2001).

Um fator primordial para que haja um bom desempenho na fase de produção de ovos é que as aves tenham um desenvolvimento corporal equilibrado na fase de crescimento, mantendo adequadas relações de proteína e gordura corporal, para que atinjam a maturidade sexual com peso ideal e uniforme (Macari & Mendes, 2005).

Shim & Chen (1989), ao testarem diferentes fontes de metionina e seus efeitos na maturidade sexual de codornas japonesas em crescimento, concluíram que codornas alimentadas com a dieta com maior teor de metionina tiveram maior peso de ovário e produção de ovos.

Como pode ser observado na Tabela 4, os níveis avaliados na fase de recria influenciaram o peso médio das aves aos 42 dias de idade de forma quadrática, porém esta variação não foi suficiente para influenciar a idade ao primeiro ovo (tabela 6), que se manteve entre os 55 e 56 dias de idade independente do tratamento recebido na recria. Este fato pode ser atribuído pelo crescimento compensatório, que segundo Pacheco et al. (2007), é definido pela restrição alimentar (quantitativa ou qualitativa) seguida por um

período de alimentação à vontade, em que os animais expressam uma velocidade de crescimento acelerado após o período de restrição quando comparados a animais que receberam dietas adequadas.

Lerman & Bie (1975) afirmam que a falta de modelo perfeito para estimar as necessidades nutricionais dos animais é o problema mais importante dos nutricionistas. Então, optou-se por escolher o parâmetro conversão alimentar na estimativa de metionina + cistina digestível para a conclusão, pela sua importância econômica na criação já que nela está envolvido o consumo de ração (custo) e o ganho de peso (produção).

3.5. Conclusão

A exigência de metionina + cistina digestível para codornas japonesas é de 0,85% na fase de cria (1 a 14 dias de idade) e de 0,77% na fase de recria (15 a 42 dias de idade), para melhor resposta em conversão alimentar, o que corresponde à relação metionina + cistina digestível / lisina digestível de 0,76 e 0,69 e o consumo diário de 50,43 e 158,5 mg de metionina + cistina digestível / dia, respectivamente.

3.6. Referências

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY – AOAC. **Official methods of analysis**. 18 ed. Washington, DC, 2005.

BARBOSA, A. A.; MORAES, G. H. K.; TORRES, R. A.; REIS, D. T. C.; RODRIGUES, C. S.; MÜLLER, E. S. Avaliação da qualidade óssea mediante parâmetros morfométricos, bioquímicos e biomecânicos em frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.772-778, 2010.

BREGENDAHL, K.; ROBERTS, S.A.; KERR, B.; HOEHLER, D. Ideal Ratios of Isoleucine, 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.

BROSNAN, J. T.; BROSNAN, M. E.; BERTOLO, R. F. P.; BRUNTON, J. A. Methionine: a metabolically unique amino acid. **Livestock Science**, v.112, p.2–7, 2007.

BRUMANO, G.; GOMES, P.C.; DONZELE, J.L.; ROSTAGNO, H. S.; ROCHA, T. C.; ALMEIDA, R. L. Níveis de metionina + cistina digestível para poedeiras leves no período de 24 a 40 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1228-1236, 2010a.

BRUMANO, G.; GOMES, P.C.; DONZELE, J.L.; ROSTAGNO, H. S.; ROCHA, T. C.; MELLO, H. H. C. Níveis de metionina + cistina digestível para poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1984-1992, 2010b.

COOPER, M. A.; WASHBURN, K. W. The relationships of temperature to weight gain, feed consumption, and feed utilization in broilers under heat stress. **Poultry Science**, v.77, p.237-242, 1997.

CORRÊA, G. S. S.; SILVA, M. A.; CORRÊA, A. B.; ALMEIDA, V.; FONTES, D. O.; TORRES, R. A.; DIONELLO, N. J. L.; FREITAS, L. S.; VENTURA, R. V.; PAULO, A. A.; SILVA, J. V.; SANTOS, G. G. Exigência de metionina + cistina total para codornas de corte em crescimento. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, p.414-420, 2006.

DALIBARD, P.; HESS, V.; LE TUTOUR, L.; PEISKER, M.; PERIS, S.; GUTIERREZ, A. P.; REDSHAW, M. **Amino Acids in Animal Nutrition**. 1st ed. Fefana Publication, Belgium, 2014.

FINCO, E. M.; MARCATO, S. M.; FURLAN, A. C.; ROSSI, R. M.; GRIESER, D. O.; ZANCANELA, V.; OLIVEIRA, T. M. M.; STANQUEVIS, C. R. Adjustment of four growth models through Bayesian inference on weight and body nutrient depositions in laying quail. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.45, p.737-744, 2016.

FRAGA, A.L.; MOREIRA, I.; FURLAN, A.C.; BASTOS, A.O.; OLIVEIRA, R.P.; MURAKAMI, A.E. Lysine requirement of starting barrows from two genetic groups fed on low crude protein diets. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.51, p.49-56, 2008.

HAMILTON, R. M. G. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. **Poultry Science**, v.61, p.2022-2039, 1982.

HARMS, R. H.; HINTON, K. L.; RUSSEL, G. B. Energy: methionine ratio and formulating feed for commercial layers. **Journal Applied Poultry Research**, v.8, p.272-279, 1999.

HAUGH, R.R. The Haugh Unit for measuring egg quality. **United States Egg and Poultry Magazine**, v.4, p.552, 1937.

KAUR, S.; MANDAL, A. B.; SINGH, K. B.; KADAM, M. M. The response of Japanese quails (heavy body weight line) to dietary energy levels and graded essential amino acid levels on growth performance and immuno-competence. **Livestock Science**, v.117, p.255-262, 2008.

KESHAVARZ, K. Further investigations on the effect of dietary manipulations of nutrients on early egg weight. **Poultry Science**, v.74, p.62–74, 1995.

KHOSRAVI, H.; MEHRI, M.; BAGHERZADEH-KASMANI, F.; ASGHARI-MOGHADAM, M. Methionine requirement of growing Japanese quails. **Animal Feed Science and Technology**, v.212, p. 122-128, 2015.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Nutrition of the chicken**. 4th ed. Guelph, University Books, 2001.

LERMAN, P. M.; BIE, S. W. Problems in determining the best levels of essential nutrients in feedingstuffs. **Journal of Agricultural Science**, v.84, p.459–468, 1975.

LEWIS, A. J. Methionine-Cystine relationships in pig nutrition. In: D'MELLO, J. P. F. **Amino acids in farm animal nutrition**. 2nd ed., CABI Press, Wallunford, UK, 2003, p. 143-155.

LIMA, H. J. D.; BARRETO, S. L. T.; DONZELE, J. L.; SOUZA, G. S.; ALMEIDA, R. L.; TINOCO, I. F. F.; ALBINO, L. F. T. Digestible lysine requirement for growing Japanese quails. **Journal of Applied Poultry Research**, v.25, p. 483-491, 2016.

MACARI, M.; MENDES, A. A. **Manejo de matrizes de corte**. Facta, Campinas, SP, 2005.

MONGIN P. Recent advances in dietary ânion-cation balance: applications in poultry. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.40, p.285-294, 1981.

MONTGOMERY, D. C. **Design and Analysis of Experiments**. 8th. Ed. New York: USA. 2012, 752p.

MURAKAMI, A. E.; GARCIA, E. R. M. Nutrição de Codornas Japonesas. In: SAKOMURA, N. K.; SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P.; FERNANDES, J. B. K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de Não Ruminantes**. 1st ed. Funep, Jaboticabal, 2014, p.623-641.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger: Principles of Biochemistry**. 5th ed. H. W. Freeman and Company, New York, 2009.

NELSON, D. L.; COX, M. M., **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 6th ed., Artmed, Porto Alegre, 2014.

NRC – National Research Council. **Nutrient requirement of swine**. 11th ed. National Academy Press, Washington, DC, 2012.

NRC - National Research Council. **Nutrient requirements of poultry**. 8th ed. National Academy Press, Washington, DC, 1994.

OLIVEIRA NETO, A. R. Metabolismo e Exigência de Metionina. In: SAKOMURA, N. K.; SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P.; FERNANDES, J. B. K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de Não Ruminantes**. 1st ed. Funep, Jaboticabal, 2014, p.188-217.

PACHECO, G. D.; BRIGANÓ, M. V.; OBA, A.; PINHEIRO, J. W.; FONSECA, N. A. N.; BRIDI, A. M.; SILVA, C. A. Efeitos da restrição alimentar seguida de ganho compensatório sobre a qualidade da carne de suínos. **Arquivos de Zootecnia**, v.216, p.895-906, 2007.

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 Science Food Agriculture**, v.90, p.471–481, 2010.

R CORE TEAM. **R: A language e environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2013.

REN, W., LI, Y.; YIN, Y.; BLACHIER, F. Structure, Metabolism and Functions of Amino Acids: An Overview. In: BLACHIER, F.; WU, G.; YIN, Y. (ed) **Nutritional and Physiological Functions of Amino Acids in Pigs**. Springer, New York, 2013, p.91–108.

RODRIGUES, P. B.; BERTECHINI, A. G.; OLIVEIRA, B. C.; TEIXEIRA, A. S.; OLIVEIRA, A. I. G. Fatores nutricionais que influenciam a qualidade do ovo no segundo ciclo de produção. I. Níveis de aminoácidos sulfurosos totais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.25, p.248-260, 1996.

RODWELL, V. W. **Metabolism of protein and amino acids**. 4th ed. Harper's Biochemistry. Lange Medical Books, New York, 2006.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3rd ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; TEICEIRA, M. L.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. F.; BARRETO, S. L. T.; BRITO, C. O. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4th ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.

SAKOMURA, N. K. Modeling energy utilization in broiler breeders, laying hens and broilers. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.6, p.1-11, 2004.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. 1st ed. Funep, Jaboticabal, 2007.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. 2nd ed. Funep, Jaboticabal, 2016.

SCHMIDT, M.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L. F. T.; NUNES, R. V.; MELLO, H. H. C. Níveis nutricionais de metionina + cistina digestível para poedeiras leves no segundo ciclo de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.142-147, 2011.

SHIM, K. F.; CHEN, E. V. Methionine requirement and its effect on the feather loss of laying Japanese quail. **Nutrition Reports International**, v.40, p.1003-1010, 1989.

SHRIVASTAV, A. K.; B. PANDA. Sulphur amino acid requirement of growing Japanese quail. **Indian Journal of Animal Science**, v.57, p.1303, 1987.

SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P. **Tabela para codornas japonesas e europeias**. 2ª ed. FUNEP, Jaboticabal, 2009.

SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P.; LIMA, R. B. Digestão e Absorção das Proteínas. In: SAKOMURA, N. K.; SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P.; FERNANDES, J. B. K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de Não Ruminantes**. 1st ed. Funep, Jaboticabal, 2014, p. 97-109.

STIPANUK, M. H. Sulfur amino acid metabolism: pathway for production and removal of homocysteine and cysteine. **Annual Review Nutrition**, v.24, p.539-577, 2004.

TOLEDO, A. L.; TAKEARA, P.; BITTENCOURT, L. C.; KOBASHIGAWA, E.; ALBUQUERQUE, R.; TRINDADE NETO, M. A. Níveis dietéticos de lisina digestível para frangos de corte machos no período de 1 a 11 dias de idade: desempenho e composição corporal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1090-1096, 2007.

VAN MILGEN, J.; DOURMAD, J. Concept and application of ideal protein for pigs. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v.6, p.2–11, 2015.

WILLIAMS, K. T.; SCHALINSKE, K. L. New insights into regulation of methyl group and homocysteine metabolism. **Journal of Nutrition**, v.137, p.311–314, 2007.

IV - Exigência de metionina + cistina digestível para codornas japonesas em fase inicial de postura

RESUMO - Foi desenvolvido um experimento com codornas japonesas na fase inicial de postura, de 43 a 168 dias de idade, com o objetivo de determinar a exigência nutricional de metionina + cistina digestível para este período. Foram utilizadas 15 codornas, por unidade experimental (gaiola), totalizando 375 aves. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) totalizando 5 tratamentos (0,60; 0,75; 0,90; 1,05 e 1,20 % de metionina + cistina) com 5 repetições. As variáveis de desempenho avaliadas foram, consumo de ração (g/ave), peso corporal (g), peso do ovo (g), taxa de postura (%), produção de massa de ovos (g ovos.ave.dia⁻¹), conversão alimentar por massa e dúzia de ovos (g.g⁻¹de ovos, g.dz⁻¹de ovos), viabilidade (%) e a composição química corporal (%). As variáveis de qualidade dos ovos foram, % do componente (gema, albúmen e casca em relação ao peso do ovo), gravidade específica (g ml⁻¹), unidade Haugh, índice de gema e peso da casca por superfície de área. Foi encontrado efeito quadrático sobre as variáveis de desempenho avaliadas (P<0,05), exceto para idade ao primeiro ovo e viabilidade que apresentaram efeito linear. A composição química corporal avaliada aos 168 dias de idade apresentou efeito linear crescente (P<0,05) sobre a gordura bruta (%), taxa de deposição de gordura (g d⁻¹) e energia retida na carcaça (Kcal g⁻¹). Em relação à qualidade dos ovos, não foi observado efeito significativo sobre as variáveis testadas (P>0,05). A recomendação nutricional de metionina + cistina digestível para codornas japonesas na fase de postura é de 0,90% a partir do ponto de máxima obtido para a variável massa de ovos, correspondendo ao consumo diário de 241,54 mg de metionina + cistina digestível / dia, respectivamente..

Palavras-chave: composição corporal, massa de ovos, peso do ovo, qualidade de ovos.

IV - Requirement of digestible methionine + cystine for laying Japanese quails

ABSTRACT - An experiment was carried out with Japanese quails in the initial laying phase, from 43 to 168 days of age, in order to determine the nutritional requirement of digestible methionine + cysteine for this period. Fifteen quails were used per experimental unit, totaling 375 birds. A total of 5 treatments (0.60, 0.75, 0.90, 1.05 and 1.20% methionine + cysteine) were used in a completely randomized design with 5 replicates. The performance parameters evaluated were feed intake (g / bird), body weight (g), egg weight (g), laying rate (%), egg mass (g eggs.bird.day⁻¹), feed conversion by mass and dozen eggs (g.g⁻¹ of eggs, g.dz⁻¹ of eggs), viability (%) and the body chemical composition (%). The egg quality parameters were: % of component (yolk, albumen and shell relative to egg weight), specific gravity (g ml⁻¹), Haugh unit, yolk index, shell weight per surface area and thickness of the shell (mm). Quadratic effect was found on the performance parameters evaluated (P<0.05), except for age at first egg and viability with linear effect. Body composition at 168 days of age showed a linear effect (P<0.05) on crude fat (%), fat deposition rate (g d⁻¹) and retained energy in the carcass (Kcal g⁻¹). On egg quality, the only variable that presented response to the tested levels was the thickness of the shell in an increasing linear (P<0.05). Regarding egg quality, no significant effect was observed on the variables tested (P>0.05). The nutritional recommendation of digestible methionine + cysteine for Japanese quails at laying phase is 0.90% from the maximum point obtained for the egg mass variable, corresponding to daily consume of 241.54 mg of methionine + digestible cystine / day, respectively.

Key words: body composition, egg mass, egg quality, egg weight.

4.1. Introdução

Os aminoácidos exercem importantes funções como componentes das proteínas, participam de diversos processos metabólicos e são essenciais para a manutenção e produção animal (Sakomura & Rostagno, 2016).

Segundo Vieira & Berres (2007), a ordem dos aminoácidos essenciais limitantes nas dietas para aves tem sido estudada por várias décadas, existindo considerável número de publicações que afirmam que os primeiros aminoácidos limitantes para a maioria das dietas das aves são os aminoácidos sulfurados (metionina e cistina), seguidos da lisina e da treonina.

A metionina se torna o primeiro aminoácido limitante da dieta, porque os principais ingredientes da ração, milho e farelo de soja, não conseguem atender completamente os requerimentos para manutenção e crescimento destas aves, portanto a adição de pequenas quantidades de aminoácidos limitantes aumenta significativamente a qualidade da proteína da dieta.

A cisteína está presente nos alimentos, assim como os demais aminoácidos, mas também é sintetizada no organismo do animal a partir da metionina, por isso é classificada como um aminoácido não-essencial.

Ambas estão envolvidas em uma série de vias biossintéticas, gerando intermediários do ciclo do Ácido Cítrico e atuando na formação da glutatona peroxidase, que é o mais importante sistema antioxidante corporal (D'Mello, 2003). A cisteína também participa da estrutura de muitas proteínas, como insulina, imunoglobulinas e queratina, interligando cadeias polipeptídicas por ponte dissulfeto (Baker, 2009). Ela tem a função de estimular o sistema hematopoiético, promovendo a formação de glóbulos brancos e vermelhos. Quando metabolizada, fornece ácido sulfúrico, que reage com outras substâncias para ajudar a desintoxicar o organismo, além de contribuir com o processo de cicatrização e fortalecimento do tecido conjuntivo (Reis, 2009).

Estes aminoácidos normalmente são suplementados às aves por meio do aminoácido industrial DL-metionina, precursor metabólico da cistina. Ao contrário da maioria dos outros aminoácidos, que são produzidos comercialmente por fermentação, a metionina cristalina é produzida por síntese química. Isso tem uma importante implicação biológica, porque enquanto a fermentação produz apenas o isômero L a síntese química produz uma mistura racêmica (50:50) de D e L isômeros (Lewis, 2003).

No entanto, ainda há uma carência de informações quanto às exigências nutricionais de codornas e uma grande necessidade de pesquisas na área para definição de programas específicos de nutrição e alimentação para cada fase do desenvolvimento. A partir disso, será possível explorar todo o potencial produtivo desta espécie que vem ganhando importância por causa de sua prolífica capacidade de produção de ovos, alta taxa de crescimento e resistência.

Portanto, objetivou-se com este trabalho determinar a exigência nutricional de metionina + cistina digestível para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) na fases inicial de postura, de 43 a 168 dias de idade, para máximo desempenho zootécnico e qualidade de ovos.

4.2. Materiais e métodos

Os procedimentos experimentais foram aprovados pelo comitê de Ética e Biossegurança da Universidade Estadual de Maringá (Protocolo Número 9195040417).

4.2.1. Animais, dietas e delineamento experimental

O experimento foi realizado no setor de coturnicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), pertencente à Universidade Estadual de Maringá (UEM). O período experimental foi de 43 a 168 dias de idade, porém, para a análise estatística, os parâmetros de desempenho e qualidade dos ovos foram avaliados a partir do 64º dia de vida (divididos em cinco ciclos de 21 dias cada), momento em que a produção de ovos se tornou homogênea.

As aves de 1 dia, adquiridas de um criatório comercial (linhagem Vicami), foram criadas de 1 a 42 dias em galpão convencional, recebendo uma ração formulada para atender às exigências propostas por Rostagno et al. (2011), para codornas japonesas nas fases de cria e recria.

A partir dos 43 dias, estas aves foram transferidas para um galpão de postura convencional com cobertura de telha de barro, piso e paredes laterais de alvenaria com 0,50 m de altura, completadas com tela de arame até o telhado, cortinas laterais, bebedouros do tipo nipple e comedouros do tipo calha em gaiolas de arame galvanizado.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) totalizando 5 tratamentos (0,60; 0,75; 0,90; 1,05 e 1,20 % de metionina + cistina) com 5 repetições.

Foram utilizadas 15 codornas, fêmeas, por unidade experimental (gaiola), totalizando 375 aves.

Na formulação das rações experimentais foram considerados os valores de composição química dos alimentos propostos por Rostagno et al. (2011), exceto para os valores do milho e farelo de soja, que foram previamente determinados em laboratório especializado (Evonik Degussa Brasil Ltda.) (Tabela 1).

Tabela 1. Composição centesimal das rações experimentais para codornas japonesas na fase de postura

Ingredientes	Metionina + Cistina digestível (%)				
	0,60	0,75	0,90	1,05	1,20
Milho grão	58,00	58,00	58,00	58,00	58,00
Farelo de soja 45%	30,28	30,28	30,28	30,28	30,28
Ácido Glutâmico	0,64	0,48	0,32	0,16	0,00
Óleo de Soja	1,35	1,32	1,29	1,26	1,23
Inerte ¹	0,51	0,55	0,59	0,63	0,67
Fosfato monocalcico	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07
Calcário calcítico	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95
Suplemento vit/min ²	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Sal comum	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
L-Lisina HCl	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
DL-Metionina	0,09	0,24	0,39	0,54	0,69
L-Treonina	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
L-Triptofano	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Antioxidante ³	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Total (kg)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

¹Inerte: areia. ²Suplementação vitamínica/mineral (níveis de garantia por kg de ração): Vit. A – 1.000.000 UI; Vit. D3 – 300.000 UI; Vit E – 2.000 UI; Vit. B1 – 250 mg; Vit. B2 – 600 mg; Vit. B6 – 500 mg; Vit. B12 – 2.000 mcg; Vit. K3 – 300 mg; Pantotenato de Cálcio – 1.200 mg; Niacina – 2.4000 mg; Ácido fólico – 100 mg; Biotina – 20 mg; Colina – 30 g C; Zinco - 5 g; Ferro – 5 g; Manganês – 6 g; Cobre – 1.200 mg; Iodo – 100 mg; Cobalto – 20 mg; Selênio – 25,2 mg. ³BHT (Butil Hidroxi Tolueno)

As rações foram formuladas para atender às exigências propostas por Rostagno et al. (2011) para codornas japonesas na fase de postura, exceto para metionina + cistina (Tabela 2).

As rações foram formuladas à base de milho e farelo de soja, de forma a serem isocalcicas, isofosfóricas, isoenergéticas e isoaminoacídicas, exceto para metionina + cistina digestíveis. Os diferentes níveis de metionina + cistina digestíveis da ração foram ajustados variando as quantidades de DL-Metionina (99%), ácido glutâmico, óleo de soja e inerte (areia). A quantidade dos demais ingredientes não variaram nos 5 tratamentos.

Tabela 2. Composição nutricional* das rações experimentais para codornas japonesas na fase de postura

Nutrientes	Metionina + Cistina digestível (%)				
	0,60	0,75	0,90	1,05	1,20
EM ¹ (kcal kg ⁻¹)	2800	2800	2800	2800	2800
Proteína bruta (%)	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8
Cálcio (%)	2,92	2,92	2,92	2,92	2,92
Fósforo disponível (%)	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Lisina digestível (%)	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09
Treonina digestível (%)	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Triptofano digestível (%)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Sódio (%)	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Cloro (%)	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Potássio (%)	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
BED ² (mEq kg ⁻¹)	166,85	166,85	166,85	166,85	166,85

*Valores calculados; ¹Energia Metabolizável; ²Balanco eletrolítico da dieta, sendo calculado de acordo com Mogin (1981): $BED = (mg/kg \text{ de } Na^+ \text{ da ração}/22,990) + (mg/kg \text{ de } K^+ \text{ da ração}/39,102) - (mg/kg \text{ de } Cl^- \text{ da ração}/35,453)$

Para calcular o balanço eletrolítico das rações experimentais (170 mEq/Kg), foi levado em consideração o peso molecular de cada elemento químico, de acordo com Mongin (1981).

Os dados de temperatura mínima e máxima (18,61°C e 28,92°C) e umidade relativa do ar (61,18% e 88,01%) foram registrados no período da manhã, por meio de termômetros de bulbo seco de máxima e mínima, localizados na altura das aves e em 2 pontos do galpão.

O programa de luz utilizado, a partir dos 43 dias iniciou com 14 horas de luz e semanalmente foram adicionados 30 minutos até atingir 17 horas de luz natural + artificial, sendo controlado com o auxílio de relógio automático (*timmer*) e a intensidade luminosa utilizada foi de 21 lux.

4.2.2. Parâmetros de desempenho

Para avaliação do desempenho zootécnico, as aves foram pesadas ao final de cada ciclo de produção e, simultaneamente, foram realizadas as pesagens das rações experimentais fornecidas e sobras para determinação do consumo de ração (g/ave), peso corporal (g), conversão alimentar por massa de ovos (g.g⁻¹de ovos), conversão alimentar por dúzia de ovos (g.dz⁻¹de ovos) e viabilidade (%).

Os ovos foram coletados diariamente, às 8hrs a fim de se calcular a taxa de postura (%) e a produção de massa de ovos (g ovos.ave.dia⁻¹), contabilizando todos os ovos produzidos.

- Conversão alimentar por massa de ovos (g.g⁻¹ de ovos):

$$\text{CAMO (g. g}^{-1} \text{ de ovos)} = \frac{\text{consumo de ração diário (g)}}{\text{massa de ovos (g ovos. dia}^{-1})}$$

- Conversão alimentar por dúzia de ovos (g.dz⁻¹ de ovos):

$$\text{CADz (g. dz}^{-1} \text{ de ovos)} = \frac{\text{consumo de ração diário (g)}}{\text{dúzia de ovos (dz ovos. dia}^{-1})}$$

- Viabilidade (%):

$$\text{Viab (\%)} = \frac{\text{número de aves no final do período experimental}}{\text{número de aves no início do período experimental}} \cdot 100$$

- Taxa de Postura (%):

$$\text{Tx Post (\%)} = \frac{\text{número de ovos}}{\text{número de aves}} \cdot 100$$

- Massa de Ovos (g ovos.ave.dia⁻¹):

$$\text{MO (g ovos. ave. dia}^{-1}) = \frac{\text{taxa de postura (\%)}}{100} \cdot \text{peso dos ovos (g)}$$

4.2.3. Composição química corporal

Para a determinação da composição química corporal, foram utilizadas 2 aves aos 168 dias de idade, selecionadas pelo peso médio ($\pm 5\%$), utilizando a metodologia descrita por Sakomura & Rostagno (2007).

As aves selecionadas foram submetidas a jejum alimentar de cinco horas e posteriormente foram sacrificadas utilizando insensibilização via intravenosa por barbitúrico tiopental (100 mg/kg), seguido de deslocamento cervical.

Após o abate, foram congeladas e posteriormente moídas em moedor de carne industrial. Em seguida, as amostras foram homogeneizadas, pesadas e levadas à estufa de

ventilação forçada, a 55°C para realização da pré-secagem. Após 72 horas, foram retiradas da estufa e pesadas novamente.

Depois de pré-secas, estas amostras foram moídas em moinho tipo faca e levadas ao laboratório para determinações dos teores de matéria seca (MS - procedimento nº 925,09), matéria mineral (MM - procedimento nº 923,03), proteína bruta (PB - procedimento nº 920,87) e gordura (GB procedimento - nº 920,85), de acordo com as metodologias descritas por AOAC (2005).

Para determinação da taxa de deposição de proteína (TDP) e da taxa de gordura (TDG) corporal (g.dia⁻¹), foram abatidas 2 codornas aos 43 dias de idade, para análise comparativa da composição química corporal das aves aos 168 dias. Foi considerada a quantidade de proteína/ gordura na carcaça final (g) subtraindo a quantidade de proteína/ gordura na carcaça inicial (g), dividido pelo período experimental (dias), conforme descrito por Fraga (2008).

Para obter o valor de energia retida na carcaça (ERC), foi utilizada a equação descrita por Sakomura (2004), a partir dos valores energéticos da proteína (5,66 Kcal/g) e da gordura (9,37 Kcal/g).

4.2.4. Qualidade de ovos

Nos três últimos dias de cada ciclo, todos os ovos foram devidamente identificados, pesados individualmente em balança de precisão digital (0,01g) e selecionados três ovos dentro do peso médio ($\pm 10\%$) da unidade experimental, para realização das análises de qualidade interna e externa.

Foi realizada a análise de gravidade específica, com todos os ovos coletados, através da imersão dos mesmos em diferentes concentrações de solução salina, ajustando a densidade por meio de um densímetro de Baumé variando 0,005 g.mL⁻¹ desde 1,060 a 1,085 g.mL⁻¹; de acordo com a metodologia descrita por Hamilton (1982).

Para as demais análises, foram utilizados os três ovos/ repetição, previamente selecionados. Estes ovos foram seccionados na porção equatorial com tesoura cirúrgica e o conteúdo interno disposto numa superfície de vidro para realização das medidas de altura (mm) e diâmetro (mm) da gema e do albúmen (denso), com auxílio de paquímetro digital (marca Digimess, com precisão de 0,02mm).

Após a realização das medidas, a gema e o albúmen foram separados para a pesagem da gema em balança de precisão. O peso do albúmen foi obtido subtraindo-se do peso do ovo, os pesos da gema e da casca.

A partir dos dados coletados, foi possível determinar os seguintes índices de avaliação da qualidade interna e externas dos ovos, entre outros.

- Índice de gema:

$$\text{Índ. Gema} = \frac{\text{altura da gema (mm)}}{\text{diâmetro da gema (mm)}}$$

- Unidade Haugh, de acordo com Haugh (1937):

$$\text{Unid Haugh} = 100 \log(A - (1,7 \cdot \text{PO}^{0,37}) + 7,57)$$

Sendo que, A = altura do albúmen e PO = peso do ovo.

- % do componente (% de gema, albúmen e casca em relação ao peso do ovo):

$$\% \text{ do componente} = \frac{\text{peso do componente (g)}}{\text{peso do ovo (g)}} \cdot 100$$

- Peso da casca por unidade de superfície de área (PCSA), fórmula adaptada de Rodrigues et al. (1996):

$$\text{PCSA} = \frac{\text{PC}}{3,9782 \cdot \text{PO}^{0,7056}} \cdot 100$$

Sendo que, PC = peso da casca (g) e PO = peso do ovo (g)

4.2.5. Análise estatística

A análise estatística dos dados foi realizada por meio do ambiente estatístico R (R Core Team, 2013). Para o teste dos efeitos ($P < 0,05$) foi adotado o modelo abaixo descrito, e em seguida, foi verificado o atendimento do pressuposto da normalidade dos resíduos.

$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 A_i + \beta_2 A_i^2 + e_{ij}$$

Y_{ij} = variável medida na unidade experimental j , alimentada com dieta contendo o nível i de metionina + cistina;

A_i = nível de metionina + cistina ($A_{i1} = 0,60$; $A_{i2} = 0,75$; $A_{i3} = 0,90$; $A_{i4} = 1,05$; $A_{i5} = 1,20$ %)

β_0 = constante geral;

β_1 = coeficiente de regressão linear simples em função do nível de metionina + cistina;

β_2 = coeficiente de regressão linear quadrático em função do nível de metionina + cistina;

e_{ij} = erro aleatório associado a cada observação.

Havendo efeito significativo dos fatores ($P < 0,05$), procedeu-se às análises de regressão polinomial para os níveis de metionina + cistina digestível, buscando estimar o modelo de melhor ajuste dos dados, de acordo com Montgomery (2012).

As estimativas do melhor nível de metionina + cistina, para cada variável significativa, foram obtidas pelo modelo quadrático, conforme proposto por Sakomura e Rostagno (2016).

4.3. Resultados

As variáveis peso médio das aves, consumo de ração diário, peso dos ovos, massa de ovos, taxa de postura, conversão alimentar por massa de ovos e conversão alimentar por dúzia de ovos apresentaram efeito quadrático ($P < 0,05$), possibilitando estimar as exigências de 0,96%, 0,79%, 0,90%, 0,90%, 0,90%, 0,88%, 0,89% de metionina + cistina digestível na ração, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Desempenho médio de codornas japonesas na fase de postura em função dos níveis de metionina + cistina digestível

M+C (%)	0,60	0,75	0,90	1,05	1,20	EP
PM (g)	177,67	170,18	171,91	170,33	172,59	0,62
CRD (g ave dia ⁻¹)	27,00	26,81	27,17	26,88	28,61	0,16
PO (g)	10,42	10,88	11,10	10,92	10,46	0,06
MO (g ave dia ⁻¹)	8,58	9,56	9,88	9,92	8,50	0,14
TXP (%)	82,31	87,81	88,97	90,85	81,30	0,97
CMO (g g de ovos ⁻¹)	3,15	2,81	2,75	2,71	3,37	0,06
CDZ (g dz de ovos ⁻¹)	0,47	0,40	0,40	0,40	0,49	0,01
IPO (dias)	54,20	55,00	56,00	56,00	56,00	0,22
VI (%)	98,33	97,33	100,00	91,55	95,40	0,77
Equações de Regressão	Valor de P			R ²	Estimativas MCd (%)	
PM = 218,1332 - 9,8998 M+C +51,8414 M+C ²	<0,001 (Q)			0,66	0,96	
CRD = 33,0591 - 16,0272 M+C +10,127 M+C ²	<0,001 (Q)			0,57	0,79	
PO = 5,2285 + 12,9278 M+C -7,1429 M+C ²	<0,001 (Q)			0,89	0,90	
MO = -3,1735 + 29,16457 M+C -16,127 M+C ²	<0,001 (Q)			0,74	0,90	
TXP = 14,253 +168,6322 M+C -93,3016 M+C ²	0,001 (Q)			0,55	0,90	
CMO = 7,608 - 11,204 M+C +6,3556 M+C ²	<0,001 (Q)			0,75	0,88	
CDZ = 1,18629 - 1,7971 M+C +1,0095 M+C ²	<0,001 (Q)			0,81	0,89	
IPO = 52,6800 + 3,0667 M+C	0,001 (L)			0,38	-	

M+C: metionina + cistina digestível; PM: peso médio da ave; CRD: consumo de ração diário; PO: peso do ovo; MO: massa de ovos; TXP: taxa de postura; CMO: conversão alimentar por massa de ovos; CDZ: conversão alimentar por dúzia de ovos; IPO: idade ao primeiro ovo; VI: viabilidade; EP: erro padrão; Q: efeito quadrático; L: efeito linear.

No entanto, a idade referente ao primeiro ovo aumentou linearmente ($P < 0,05$) e a viabilidade reduziu de forma linear ($P < 0,05$) dentro do intervalo dos níveis testados, não sendo possível estimar o nível ótimo para essas variáveis.

Para as variáveis de composição química e deposição corporal avaliadas durante a postura, a gordura bruta na carcaça, taxa de deposição de gordura e a energia retida na carcaça apresentaram efeito linear crescente ($P < 0,05$) em resposta ao aumento de metionina + cistina na ração. Sendo que as outras variáveis relacionadas não apresentaram efeito significativo (Tabela 4).

Tabela 4. Composição química corporal¹ e deposição de proteína/gordura em codornas japonesas na fase de postura em função dos níveis de metionina + cistina na ração.

M+C (%)	0,60	0,75	0,90	1,05	1,20	EP
PB (%)	55,32	59,47	57,62	54,65	56,43	0,625
GB (%)	17,76	18,79	20,17	21,39	22,47	0,452
MM (%)	10,11	10,67	10,71	10,66	10,17	0,114
TDP (g d ⁻¹)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,003
TDG (g d ⁻¹)	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,003
ERC (kcal g ⁻¹)	0,26	0,28	0,37	0,47	0,54	0,036
Equações de Regressão				Valor de P	R ²	Estimativas MCd (%)
GB = 12,9136+8,0026 M+C				<0,001 (L)	0,59	-
TDG = - 0,0176 + 0,0453 M+C				<0,001 (L)	0,59	-
ERC = - 0,0664 + 0,5026 M+C				0,0418 (L)	0,36	-

¹Dados apresentados em valores de matéria seca. M+C: metionina + cistina digestível; PB: proteína bruta; GB: gordura bruta; MM: matéria mineral; TDP: taxa de deposição de proteína; TDG: taxa de deposição de gordura; ERC: energia retida na carcaça; EP: erro padrão; L: efeito linear.

Quanto aos parâmetros de qualidade interna e externa dos ovos, não foram observados efeitos significativos ($P>0,05$) para a suplementação de metionina + cistina (Tabela 5).

Tabela 5. Qualidade de ovos de codornas japonesas em função dos níveis de metionina + cistina digestível

M+C (%)	0,60	0,75	0,90	1,05	1,20	EP
Albúmen (%)	61,80	62,06	62,52	61,87	62,19	0,07
Casca (%)	7,46	7,62	7,31	7,38	7,44	0,03
Gema (%)	30,34	30,38	30,10	30,77	30,41	0,08
GE (g ml ⁻¹)	1,08	1,07	1,07	1,08	1,08	0,01
IG	0,47	0,48	0,48	0,48	0,47	0,01
PCSA (g/cm ²)	3,74	3,87	3,73	3,75	3,73	0,01
UH	94,14	92,85	93,30	93,55	93,16	0,17

M+C: metionina + cistina digestível; GE: gravidade específica; IG: índice de gema; PCSA: peso da casca por superfície de área; UH: Unidade Haugh; EP: erro padrão; Q: efeito quadrático; L: efeito linear.

4.4. Discussão

Segundo as recomendações do NRC (1994), as dietas de codornas japonesas devem conter 0,70 % de metionina + cistina total, 1,00 % de lisina total, 20 % de proteína bruta e 2900 Kcal EM/ kg da dieta, durante a fase de postura. Porém, pesquisas recentes têm sugerido que os níveis de metionina acima das recomendações do NRC (1994) podem resultar em melhor desempenho (Reis et al., 2011; Rostagno et al., 2011; Rostagno et al., 2017).

As aves utilizadas neste experimento, representam cerca de 70% do material genético utilizado atualmente nas granjas brasileiras, pois foram obtidas de um criatório comercial que produz aves de 1 dia para produtores de todas as regiões do Brasil. Estas aves apresentaram peso médio de 173g na fase de postura com pico de produção em massa de ovos de 9,92 g.ave.dia⁻¹, estimando a exigência nutricional de 0,90% de metionina + cistina digestível, o mesmo recomendado por Rostagno et al. (2011) para codornas de 177 g de peso médio.

Na Tabela Brasileira para Aves e Suínos (Rostagno et al., 2011), as exigências de metionina + cistina digestível recomendadas são de 0,888 %, 0,900 % e 0,857 % para aves com peso médio de 165 g, 177 g e 189 g, respectivamente. Porém, a partir do trabalho de melhoramento genético que tem sido realizado na Universidade Federal de Viçosa, as codornas utilizadas nas estimativas presentes nas tabelas de Rostagno et al. (2017) apresentaram maior peso médio (190 g, 200 g e 210 g) com conseqüente maior exigência de metionina + cistina digestível (0,942 %, 0,908 % e 0,869 %, respectivamente), quando comparadas à publicação anterior.

Sabe-se que aves maiores não é sinônimo de aves mais produtivas. Como podemos observar nas tabelas de Rostagno et al. (2017), as aves com peso médio de 190 g, apresentaram maior massa de ovos (11 g/dia) quando comparadas com as aves com peso médio de 200 g (10 g/dia) e 210 g (9 g/dia).

Segundo Costa et al. (2017), a partir do melhoramento genético em galinhas poedeiras, elas estão se tornando menores e cada vez mais exigentes, porque convertem eficientemente a ração em um alimento extremamente rico e funcional, o ovo. Este é um avanço importante e fundamental para a coturnicultura no Brasil, que ainda não possui um material genético bem definido, por isso as recomendações são bastante controversas quanto aos níveis nutricionais e as fases de desenvolvimento (Murakami & Garcia, 2014).

Outro fator importante que deve ser avaliado ao comparar os resultados de diversos trabalhos é o nível de proteína bruta da ração. Segundo Rostagno et al. (2017), estes devem ser atendidos de forma a evitar que as aves utilizem o nitrogênio dos aminoácidos essenciais na síntese de aminoácidos não essenciais e prejudiquem o desempenho animal.

Estas rações experimentais foram formuladas com 18,8% de proteína bruta e 1,09% de lisina digestível, assim como recomendado por Rostagno et al. (2011). Porém, nos diversos trabalhos observados na literatura (Belo et al. 2000; Garcia et al. 2005; Scottá et al. 2011), encontram-se valores que variam de 16 a 21,5% de proteína bruta e 0,9 a 1,4% de lisina digestível, gerando diferentes recomendações dos outros aminoácidos essenciais devido à íntima relação destes no metabolismo proteico. Além do que, na medida em que se reduz o teor de proteína, o nitrogênio não essencial pode se tornar um fator limitante nas rações (Rostagno et al., 2017).

Quanto à influência da metionina sobre a produção de ovos, alguns autores afirmam que, a metionina é o aminoácido que inicia a síntese proteica e um de seus principais mecanismos de ação é atuar na produção de ovos, influenciando o peso e a taxa de postura (Costa et al., 2009; Murakami & Garcia, 2014). Segundo Harms (1999), a metionina é um aminoácido importante no controle do peso dos ovos, pois a poedeira consome energia para sustentar o número de ovos, mas o peso dos ovos depende dos níveis de aminoácidos da dieta.

Considerando essa importância da metionina sobre a produção de ovos e que a massa de ovos é obtida a partir de uma relação entre a taxa de postura e o peso dos ovos, pode-se observar que o nível de metionina + cistina necessário para obter um pico de produção nessas três variáveis (MO, TXP e PO) foi o mesmo (0,90%), o que confirma a importância dessas variáveis na estimativa da exigência de metionina + cistina digestível para melhor desempenho produtivo.

Algumas pesquisas demonstraram que os níveis de proteína e aminoácidos em rações de pico de produção influenciam o tamanho dos ovos (Penz & Jensen, 1991; Leeson & Caston, 1996). Assim, o aumento dos níveis de metionina em relação à lisina em rações com adequados níveis dos outros aminoácidos essenciais é uma ferramenta viável e comumente utilizada que proporciona uma produção de ovos maiores.

Reis et al. (2011) e Costa et al. (2009) também observaram efeito quadrático para massa de ovos, obtendo um pico de produção ao nível de 0,840 % e 0,696% de metionina

+ cistina digestível na dieta, respectivamente. Já para Garcia et al. (2005), não houve efeito significativo dos níveis de metionina sobre esta variável.

Quando relacionada a massa de ovos ao consumo de ração, foi obtida a estimativa de 0,88% de metionina + cistina digestível para conversão alimentar por massa de ovos, o mesmo estimado por Souza et al. (2004). Segundo Togashi et al. (2002), a suplementação com metionina em dietas para satisfazer a exigência de metionina + cistina digestível favorece a conversão alimentar como resultado do equilíbrio de aminoácidos nas dietas, promovendo o melhor aproveitamento dos nutrientes e conseqüentemente a conversão destes em produção de ovos.

A partir desta mesma variável, Reis et al. (2011) obtiveram a estimativa de 0,82%, enquanto que nos trabalhos de Pinto et al. (2003), Garcia et al. (2005) e Scottá et al. (2011) não foi observado efeito significativo.

Também é importante avaliar a produtividade das aves por dúzia de ovos, por ser a forma em que são comercializados. A partir da conversão alimentar (g dz de ovos^{-1}) obteve-se o ponto de máxima ao nível de 0,89% de metionina + cistina na ração, estimativas próximas ao encontrado para massa de ovos. Já no trabalho de Costa et al. (2009), quando avaliaram a conversão alimentar por dúzia de ovos, foi estimado o nível de 0,683% de metionina + cistina na ração, porém, Garcia et al. (2005) e Reis et al. (2011) não encontraram efeito significativo para esta variável.

Segundo Neme (2006), o estudo da composição corporal é importante para a definição das exigências nutricionais e, principalmente, das deposições de proteína e gordura, pois auxilia na elaboração de programas alimentares adequados de forma a promover melhorias no desempenho produtivo das aves.

Ao avaliar a composição química das carcaças aos 168 dias de idade, observou-se que houve um acúmulo de gordura na carcaça em relação ao aumento dos níveis de metionina + cistina na ração, pois as variáveis gordura bruta na carcaça, taxa de deposição de gordura e energia retida na carcaça apresentaram efeito linear crescente. À medida que a ave envelhece, as exigências de proteína e energia são alteradas devido a composição e taxa de deposição destes no organismo, no entanto a relação proteína e energia da dieta devem estar equilibradas de forma que uma maior deposição de gordura não interfira negativamente no ciclo de produção de ovos.

Apesar de observada uma crescente deposição do tecido adiposo, ele não influenciou negativamente a produção de ovos, pois a exigência de metionina + cistina pôde ser estimada de forma consistente a partir dos parâmetros produtivos. Segundo

Macari et al. (2008), em aves, os tecidos adiposos podem estar distribuídos em depósitos individualizados, como os existentes na região abdominal ou de maneira menos organizada no interior de outros órgãos como músculo, fígado, pele, rins e tecido conjuntivo.

É interessante avaliar que apesar de influenciar diretamente a deposição lipídica, a metionina não influenciou na composição proteica da carcaça. Kessler & Snizek (2001) evidenciam que a deposição proteica é estreitamente controlada pela genética, e portanto, há um limite para sua deposição diária, independentemente de sua ingestão, porém, a quantidade de gordura depositada é diretamente relacionada à quantidade de nutrientes disponíveis para síntese, independente da fonte.

Quanto à qualidade dos ovos, Shafer et al. (1996) afirmam que os componentes internos do ovo são quase inteiramente proteicos e uma carência de proteína resultaria em decréscimo na qualidade do albúmen, gema e conseqüentemente no tamanho do ovo. Porém, não foi possível estimar a exigência de metionina + cistina a partir dos parâmetros de qualidade interna e externa dos ovos, corroborando com os resultados encontrados por Scottá et al. (2011).

Segundo Leeson & Summers (2001), os aminoácidos são componentes essenciais dos ovos e constituem as moléculas proteicas presentes no albúmen e na gema. Os mesmos autores destacam que o ovo contém cerca de 12% de PB, sendo que 55% está presente no albumen, 42% na gema e 3% na casca, porém, esta composição química é bastante estável e difícil de ser modificada nutricionalmente, em função dos seus componentes serem segregados pelas células epiteliais do oviduto.

Ao avaliar os resultados apresentados na literatura quanto aos parâmetros de qualidade dos ovos, percebe-se que são bastante controversos, tanto nos trabalhos de codornas quanto nos de galinhas poedeiras. Brumano et al. (2010), trabalhando com galinhas poedeiras, afirmam que diversos fatores afetam a qualidade de ovos, entre eles, o tempo de armazenamento dos ovos, a idade das aves, a temperatura ambiente e os tipos de aparelhos usados para determinar as medições.

4.5. Conclusão

Conclui-se que a exigência de codornas japonesas na fase de postura é de 0,90% de metionina + cistina digestível para máximo desempenho em massa de ovos, o que

corresponde à relação metionina + cistina: lisina digestível de 0,83 e o consumo de 241,54 mg/ave de metionina + cistina digestível/ dia.

4.6. Referências

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY – AOAC. **Official methods of analysis**. 18 ed. Washington, DC, 2005.

BAKER, D. H. Advances in protein-amino acid nutrition of poultry. **Amino acids**, v.37, p.29-41, 2009.

BELO, M. T. S.; COTTA, J. T. B.; OLIVEIRA, A. I. G. Níveis de metionina em rações de codornas japonesas (*coturnix coturnix japonica*) na fase inicial de postura. **Ciência e Agrotecnologia**, v.24, p.1068-1078, 2000.

BRUMANO, G.; GOMES, P. C.; DONZELE, J. L.; ROSTAGNO, H. S.; ROCHA, T. C.; MELLO, H. H. C. Níveis de metionina + cistina digestível para poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1984-1992, 2010.

COSTA, F. G. P.; LIMA, M. R.; CAVALCANTE, D.; LIMA, G. S.; VIEIRA, D. V. G. Nutritional recommendations for laying hens and japanese quails. In: IV International Symposium on Nutritional Requirements of Poultry and Swine, 2017, Viçosa. **Anais**. Viçosa: UFV, 2017.

COSTA, F. G. P.; RODRIGUES, V. P.; GOULART, C. C.; VARGAS JR, J. G.; SILVA, J. H. V.; SOUZA, J. G. Nutritional requirements of digestible methionine + cystine for Japanese quails in production phase. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.2389-2393, 2009.

D’MELLO, J. P .F. **Amino acid in farm animal nutrition**. 2nd ed. CABI Press, Wallingford, 2003.

FRAGA, A.L.; MOREIRA, I.; FURLAN, A.C.; BASTOS, A.O.; OLIVEIRA, R.P.; MURAKAMI, A.E. Lysine requirement of starting barrows from two genetic groups fed on low crude protein diets. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.51, p.49-56, 2008.

GARCIA, E. A.; MENDES, A. A.; PIZZOLANTE, C. C.; SALDANHA, E. S. P. B.; MOREIRA, J.; MORI, C.; PAVAN, A. C. Protein, Methionine + Cystine and Lysine Levels for Japanese Quails During the Production Phase. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.7, p.11-18, 2005.

HAMILTON, R. M. G. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. **Poultry Science**, v.61, p.2002-2039, 1982.

HARMS, R. H.; HINTON, K. L.; RUSSEL, G. B. Energy: methionine ratio and formulating feed for commercial layers. **Journal Applied Poultry Research**, v.8, p.272-279, 1999.

HAUGH, R.R. The Haugh Unit for measuring egg quality. **United States Egg and Poultry Magazine**, v.4, p.552, 1937.

KESSLER, A. M.; SNIZEK, P. N. Considerações sobre a quantidade de gordura na carcaça do frango. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001, p. 111-159.

LEESON, S.; CASTON, L.J. Response of laying hens to diets varying in crude protein or available phosphorus. **Journal of Applied Poultry Research**, v.5, p.289-296, 1996.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Nutrition of the chicken**. 4th ed. Guelph, University Books, 2001.

LEWIS, A. J. Methionine-Cystine relationships in pig nutrition. In: D'MELLO, J. P. F. **Amino acids in farm animal nutrition**. 2nd ed., Cabi Press, Wallingford, UK, 2003. p.143-155.

MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, L. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. FUNEP, Jaboticabal, 2008.

MONGIN P. Recent advances in dietary anion-cation balance: applications in poultry. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.40, p.285-294, 1981.

MONTGOMERY, D. C. **Design and Analysis of Experiments**. 8th. Ed. New York: USA. 2012, 752p.

MURAKAMI, A. E.; GARCIA, E. R. M. Nutrição de Codornas Japonesas. In: SAKOMURA, N. K.; SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P.; FERNANDES, J. B. K.;

HAUSCHILD, L. **Nutrição de Não Ruminantes**. 1st ed. Funep, Jaboticabal, 2014, p. 623-641.

NEME, R.; SAKOMURA, N. K.; FUKAYAMA, E. H.; FREITAS, E. R.; FIALHO, F. B.; RESENDE, K. T.; FERNANDES, J. B. K. Curvas de crescimento e de deposição dos componentes corporais em aves de postura de diferentes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1091-1100, 2006.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of poultry**. 8th ed. National Academy Press, Washington, DC, 1994. 155p.

PENZ JR., A.M.; 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, R.; DONZELE, J. L.; FERREIRA, A. S.; ALBINO, L. F. T; SOARES, R. T. R. N.; SILVA, M. A.; PEREIRA, T. A. Exigência de metionina mais cistina para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1166-1173, 2003.

R CORE TEAM. **R: A language e environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2013.

REIS, R. S. **Relação metionina mais cistina com lisina em dietas para codornas japonesas em postura**. 2009. 43p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

REIS, R. S.; BARRETO, S. L. T.; GOMES, P. C.; LIMA, H. J. D.; MEDINA, P. M.; FERREIRA, F. Relationship of methionine plus cystine with lysine in diets for laying Japanese quails. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.1031-1037, 2011.

RODRIGUES, P. B.; BERTECHINI, A. G.; OLIVEIRA, B. C.; TEIXEIRA, A. S.; OLIVEIRA, A. I. G. Fatores nutricionais que influenciam a qualidade do ovo no segundo ciclo de produção. I. Níveis de aminoácidos sulfurosos totais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.25, p.248-260, 1996.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3rd ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; TEICEIRA, M. L.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. F.; BARRETO, S. L. T.; BRITO, C. O. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4th ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.

SAKOMURA, N. K. Modeling energy utilization in broiler breeders, laying hens and broilers. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.6, p.1-11, 2004.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. 2nd ed. Funep, Jaboticabal, 2016.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. 1st ed. Funep, Jaboticabal, 2007.

SCOTTÁ, B. A.; VARGAS JR., J. G.; PETRUCCI, F. B.; DEMUNER, L. F.; COSTA, F. G. P.; BARBOSA, W. A.; MARIN, J. F. V. Metionina mais cistina digestível e relação metionina mais cistina digestível:lisina para codornas japonesas. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, v.12, p.729-738, 2011.

SHAFER, D. J.; CAREY, J. B.; PROCHASKA, J. F. Effect of dietary methionine intake on egg component yield and composition. **Poultry Science**, v.75, p.1080-1085, 1996.

SOUZA, L. M. G.; SAKOMOTO, M. I.; MURAKAMI, A. E. Exigências nutricionais de metionina mais cistina e lisina para codornas japonesas em postura - geração um. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.6, p.75, 2004.

TOGASHI, C. K.; FONSECA, J. B.; SOARES, R. T. R. N.; SOUZA, C. L. M. Determinação de níveis de metionina + cistina para poedeiras semipesadas alimentadas com rações contendo levedura seca (*Saccharomyces cerevisiae*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.1426-1433, 2002.

VIEIRA, S.L.; BERRES, J. El cuarto aminoácido limitante para pollos de engorde.. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE AVICULTURA, 2007, Porto Alegre. **Anais**. Santa Maria: UFSM, 2007, p. 143-152.

V – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir deste estudo, foi possível estimar as exigências nutricionais de metionina + cistina digestível para codornas japonesas nas fases de cria (1 a 14 dias), recria (15 a 42 dias) e postura (43 a 168 dias), em 0,85%, 0,77% e 0,90% para melhor resposta em conversão alimentar (fases de crescimento) e máximo desempenho em massa de ovos (fase de postura), o que corresponde à relação metionina + cistina digestível / lisina digestível de 0,76, 0,69 e 0,83 e o consumo diário de 50,43, 158,5 e 241,54 mg/ave de metionina + cistina digestível, respectivamente.

A correta estimativa dos aminoácidos metionina e cistina favorecem a síntese proteica e a síntese de outras moléculas bioativas como hormônios, neurotransmissores, transportadores e enzimas, além de favorecer a manutenção do sistema antioxidante através das reações anabólicas.

Estas estimativas favorecem o desenvolvimento da coturnicultura de postura, pois cada espécie possui necessidades específicas de nutrientes em cada fase do seu desenvolvimento para suprir uma demanda fisiológica. Sendo assim, é de suma importância a formulação de rações que atendam às exigências nutricionais da ave para que ela possa desempenhar o seu potencial zootécnico e tornar a criação rentável e lucrativa ao produtor que investe no setor.

Diante disso, encontra-se um grande campo de pesquisas nas áreas de nutrição para estimar as exigências dos diversos nutrientes que compõem a dieta, melhoramento genético da espécie, manejo, ambiência, bem-estar, reprodução, sanidade, comercialização, entre outros temas de grande relevância para o setor.