

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

EXIGÊNCIA DE TREONINA DIGESTÍVEL PARA
CODORNAS JAPONESAS

Autora: Mariani Ireni Benites
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Simara Márcia Marcato
Coorientador: Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan

MARINGÁ
Estado do Paraná
Março – 2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

EXIGÊNCIA DE TREONINA DIGESTÍVEL PARA
CODORNAS JAPONESAS

Autora: Mariani Ireni Benites
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Simara Márcia Marcato
Coorientador: Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan

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

MARINGÁ
Estado do Paraná
Março – 2018

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

B467e Benites, Mariani Ireni
Exigência de treonina digestível para codornas japonesas / Mariani Ireni Benites. -- Maringá, 2018. 66 f. : il. color., tabs.

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

1. Codorna (*coturnix coturnix japonica*) - Exigência nutricional de treonina. 2. Codorna (*coturnix coturnix japonica*) - Desempenho. 3. Codorna (*coturnix coturnix japonica*) - Aminoácidos. 4. Qualidade de ovos de codornas. I. Marcato, Simara Márcia, orient. II. Furlan, Antonio Claudio, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. IV. Título.

CDD 21.ed. 636.6

Mariza Nogami
Bibliotecária CRB 9/1569



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

EXIGÊNCIA DE TREONINA DIGESTÍVEL
PARA CODORNAS JAPONESAS

Autora: Mariani Ireni Benites
Orientadora: Prof^a Dr^a Simara Márcia Marcato

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

APROVADA em 02 de março de 2018.

Prof^a Dr^a Daiane de Oliveira
Grieser

Prof^a Dr^a Márcia Aparecida
Andreazzi

Prof^a Dr^a Simara Márcia Marcato
(Orientadora)

“Na corrida dessa vida é preciso entender que você vai rastejar, que vai cair, vai sofrer e a vida vai lhe ensinar que se aprende a caminhar e só depois vai correr.

A vida... a vida é uma corrida, que não se corre sozinho. Que Vencer não é chegar é aproveitar o caminho. Sentindo o cheiro das flores e aprendendo com as dores causadas por cada espinho...

Pare! Pare, não tenha pressa! Não carece acelerar. A vida já é tão curta! É preciso aproveitar essa estranha corrida, que a chegada é a partida... e ninguém pode evitar.

Aí sim... aí sim, lá na chegada onde o fim é evidente, é que a gente percebe que foi tudo de repente e aprende na despedida, que o sentido dessa vida é sempre seguir em frente.”

Bráulio Bessa “A corrida da vida”

Aos meus pais,

Ana Cecília Cunha Benites e Eudes Benites (*in memoriam*)

“Tive em casa o melhor exemplo e todo amor que eu poderia ter”

E ao meu companheiro,

Humberto Marques Lipori

“Aquele que acredita em mim quando eu mesma não acredito”

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo discernimento e força, há momentos que só a fé nos mantém em pé.

A minha mãe e ao Agnaldo, pelas orações e por fazerem o possível e o impossível por mim.

Ao Humberto, por ser meu companheiro, por cuidar de mim em todos os momentos, sem seu amor seria tudo mais difícil.

A toda a minha família, em especial aos meus irmãos Milena, Ederly e Edgar (*in memoriam*), por serem minha base e nunca me deixarem esquecer o quanto sou amada.

A minha Orientadora Simara Márcia Marcato, por ser muito mais que uma orientadora, pela confiança e dedicação; um exemplo de profissional e ser humano.

A todos os professores que tive até aqui, por todo conhecimento transmitido e inspiração.

A Universidade Estadual de Maringá, Fazenda Experimental de Iguatemi e Programa de Pós-graduação em Zootecnia, pelo acolhimento e suporte a realização desse trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

A Granja Vicami e ao Sr. Osvaldo Rocha, por cederem as aves para a realização do experimento.

Ao meu grupo de pesquisa, Eline Finco, Rosileide Rohod, Débora Aquino, Marcos Barbosa, Luana Freitas, Isabela Martins, João Paulo Rossato, Andressa Carvalho, Felipe Augusto, Diogo Pinaffi, Luiz Fernando, Vitor Thomé, Fabrício Vieira e Daniel Tokawa, por toda ajuda e dedicação, pela amizade, por nunca deixarem o trabalho parecer trabalho, pelas risadas e pelos choros, esse trabalho é nosso!

Aos que se fizeram presentes de alguma forma, Caroline Stanquevis, Taciana Bruxel, Taynara Perine, Daiane Grieser, Vittor Zancanela, Mariana Zanon, Érica Grecco, Naemi Kaneko, Leandro Castilha, Luciane Hisano e Carlos Vinicius, obrigada por sempre me socorrerem e por tudo que aprendi com vocês.

Aos funcionários da Fei, Maurício, Célio, Mauro e Vicente; e as técnicas de laboratório, Angélica, Maria Ângela e Maria dos Anjos, pela ajuda e paciência.

A todos que de alguma maneira tenha contribuído com esse trabalho e no meu mestrado, obrigada, vocês nunca serão esquecidos.

BIOGRAFIA

Mariani Ireni Benites, Filha de Eudes Benites e Ana Cecília Cunha Benites, nascida em 10 de dezembro de 1992 na cidade de Garça - SP. Em 2011, ingressou no curso de Graduação em Zootecnia na Universidade Estadual de Maringá - PR, sendo bolsista PIBIC/CNPq durante todo o curso. Em março de 2016, ingressou no curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UEM, Maringá-PR, tendo como orientadora a Professora Doutora Simara Márcia Marcato, e submeteu-se a banca examinadora em março de 2018.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
I - INTRODUÇÃO	1
1.2 Revisão de literatura	3
1.2.1 Coturnicultura de postura	3
1.2.2 Nutrição e exigência de proteína e aminoácidos para codornas japonesas.....	4
1.2.3 Treonina: caracterização e metabolismo.....	5
1.2.4 Importância da treonina para codornas japonesas.....	8
1.2.5 Exigências de treonina digestível para codornas japonesas.....	10
1.3 Referências.....	12
II – OBJETIVOS GERAIS	20
2.1 Objetivos específicos	20
III – Exigência de treonina digestível para codornas japonesas	21
Resumo	21
Summary.....	22
3.1. Introdução	23
3.2. Material e métodos	24
Experimentos I, II e III – Exigência nutricional de treonina digestível nas fases de 1 a 7, 8 a 14 e 15 a 42 dias de idade.....	25
3.2.1. Animais, instalações e manejo	25
3.2.2. Delineamento experimental e dietas	25
3.2.3. Parâmetros avaliados	27

Experimento IV – Digestibilidade total.....	29
3.2.4. Animais, instalações e manejo	29
3.2.5. Delineamento experimental e dietas	29
3.2.6. Parâmetros avaliados	30
Experimento V – Efeito dos diferentes níveis de treonina digestível na fase de recria de codornas japonesas sobre os índices de desempenho, qualidade de ovos e peso relativo dos órgãos na fase de postura.....	30
3.2.7. Animais, instalações e manejo	30
3.2.8. Delineamento experimental e dietas	31
3.2.9. Parâmetros avaliados	32
3.2.10. Análise estatística	34
3.3. Resultados	35
3.4. Discussão	40
3.5. Referências.....	42
IV – Exigência de treonina digestível para codornas japonesas em fase de postura	47
Resumo	47
Summary	48
4.1. Introdução	49
4.2. Material e métodos	50
4.2.1. Animais, instalação e manejo	50
4.2.2. Delineamento experimental e dietas	51
4.2.3. Parâmetros avaliados.....	53
4.2.4. Análise estatística	56
4.3. Resultados	57
4.4. Discussão	59
4.5. Referências	63
V – CONSIDERAÇÕES FINAIS	66

LISTA DE TABELAS

	Página
III – Exigência de treonina digestível para codornas japonesas em crescimento	20
Tabela 1 Composição centesimal e calculada das rações experimentais para codornas japonesas em crescimento	26
Tabela 2 Composição centesimal e calculada da ração basal para codornas japonesas em postura	32
Tabela 3 Desempenho médio de codornas japonesas, aos 7, 14 e 42 dias de idade, em função dos níveis de treonina digestível	35
Tabela 4 Composição química corporal, taxa de deposição de proteína e de gordura e energia retida na carcaça de codornas japonesas, aos 7, 14 e 42 dias de idade, em função dos níveis de treonina digestível	36
Tabela 5 Peso relativo de órgãos e comprimento de intestino delgado de codornas japonesas, aos 7, 14 e 42 dias de idade, em função dos níveis de treonina digestível	37
Tabela 6 Altura de vilo, profundidade de cripta e relação altura de vilo: profundidade de cripta do jejuno de codornas japonesas, aos 7, 14 e 42 dias de idade, em função dos níveis de treonina digestível	38
Tabela 7 Valores médios do balanço de nitrogênio e coeficiente de metabolizabilidade de codornas japonesas, dos 28 aos 35 dias de idade, em função dos níveis de treonina digestível	38
Tabela 8 Desempenho médio de codornas japonesas na fase de postura, em função dos níveis de treonina digestível fornecidos na fase de recria	39
Tabela 9 Qualidade de ovos de codornas japonesas, em função dos níveis de treonina digestível fornecidos na fase de recria	39
Tabela 10 Peso relativo de órgãos e comprimento de intestino delgado e de oviduto de codornas japonesas, aos 120 dias de idade, em função dos níveis de treonina digestível fornecidos na fase de recria	40
IV – Exigência de treonina digestível para codornas japonesas em postura	47
Tabela 1 Composição centesimal e calculada das rações experimentais para codornas japonesas em postura	52

Tabela 2 Desempenho médio de codornas japonesas na fase de postura, em função dos níveis de treonina digestível	57
Tabela 3 Qualidade de ovos de codornas japonesas, em função dos níveis de treonina digestível	58
Tabela 4 Composição química corporal, taxa de deposição de proteína e de gordura e energia retida na carcaça de codornas japonesas, aos 120 dias de idade, em função dos níveis de treonina digestível.....	58
Tabela 5 Peso relativo de órgãos e comprimento de intestino delgado e oviduto de codornas japonesas, aos 120 dias de idade, em função dos níveis de treonina digestível.	59
Tabela 6 Altura de vilo, profundidade de cripta e relação altura de vilo: profundidade de cripta do jejuno de codornas japonesas em função dos níveis de treonina digestível.....	59

RESUMO

Este trabalho objetivou estimar a exigência nutricional de treonina digestível (ThrD) para codornas japonesas em três fases de crescimento (1 a 7, 8 a 14 e 15 a 42 dias de idade), e no início da produção. Além de avaliar o balanço de nitrogênio (BN) e coeficiente de metabolizabilidade (CM) em função dos níveis crescentes de ThrD, os efeitos dos níveis fornecidos na recria, na fase de postura e verificar os efeitos dos níveis crescentes de ThrD sobre o peso de órgãos (fígado, coração, intestino e oviduto), morfometria e comprimento de intestino, comprimento de oviduto, composição química corporal, taxa de deposição de proteína e de gordura e energia retida na carcaça e qualidade dos ovos. Nas fases de crescimento, o delineamento adotado foi o inteiramente ao acaso, com cinco níveis de ThrD (0,58; 0,70; 0,82; 0,94 e 1,06%), cinco repetições e 30 codornas por unidade experimental (UE), totalizando 2250 aves. Para a avaliação do BN e CM foi utilizado as mesmas dietas e delineamento, porém em gaiolas de digestibilidade com cinco aves por UE, totalizando 125 aves dos 28 aos 35 dias de idade. Para determinar os efeitos que os níveis fornecidos na recria (15 a 42 dias de idade) tinham na fase de postura, doze aves de cada UE da recria foram transferidas para gaiolas aos 42 dias de idade, receberam uma dieta basal e foi avaliado o desempenho produtivo e qualidade de ovos em três ciclos produtivos de 21 dias cada. O delineamento experimental na fase de produção foi inteiramente ao acaso contendo cinco níveis de ThrD (0,52; 0,60; 0,68; 0,72 e 0,84%), com cinco repetições e 12 codornas por unidade experimental (UE), totalizando 300 aves, com peso médio inicial de $149,78 \pm 4,33$ g, no período de 58 a 120 dias de idade. Para os níveis fornecidos nas fases de crescimento não foi verificado efeito significativo sobre o desempenho, composição química corporal e peso relativo dos órgãos nas três fases. A morfometria do jejuno indicou comportamento linear crescente da relação vilo: cripta aos 7 e aos 14 dias de idade e uma linear decrescente para a profundidade de cripta aos 14

dias de idade. O BN e CM não apresentaram efeitos significativo. Os níveis de ThrD fornecidos durante a fase de recria aumentaram de forma linear o peso corporal inicial e final das aves na fase de postura. Para os níveis fornecidos no início de produção o peso corporal, a taxa de postura, conversão alimentar por kg de ovos, conversão alimentar por dúzia de ovos e massa de ovos apresentaram efeito quadrático sobre os níveis de ThrD, e o consumo de treonina aumentou linearmente com o aumento dos níveis. Dentre as variáveis de qualidade dos ovos, somente o peso de ovo apresentou diferença estatística, sendo influenciado de forma quadrática. Os pesos relativos dos órgãos não foram significativos, porém o comprimento do intestino, a altura das vilosidades e a relação vilo: cripta apresentaram efeito quadrático. Conclui-se que o nível de ThrD de 0,58% na dieta de crescimento proporciona crescimento adequado e desempenho satisfatório de codornas japonesas em postura e no período de produção. E foi estimado o nível de 0,70% de ThrD como recomendação para formulação de dietas para codornas japonesas em fase inicial de postura.

Palavras-chave: aminoácidos, *coturnix coturnix japonica*, desempenho, qualidade de ovos de codornas

ABSTRACT

This work had as objective to estimate the nutritional requirement of digestible threonine (ThrD) for Japanese quails in in three stages of growth (1 to 7, 8 to 14 and 15 to 42 days of age), and early production. Besides evaluating the nitrogen balance (NB) and metabolizable coefficient (MC) as a function of increasing ThrD levels, the effects of the levels provided in the rearing, in the laying, and to verify the effects of increasing levels of ThrD on organ weight (liver, heart, intestine and oviduct), morphometry and intestinal length, oviduct length, body chemical composition, rate of protein and fat deposition and retained energy in the carcass and egg quality. In the growth phases, the design was completely randomized, with five levels of ThrD (0,58; 0,70; 0,82; 0,94 and 1,06%), five replicates and 30 quails per experimental unit (UE), totaling 2250 birds. For the evaluation of NB and MC was used the same diets and design, however in digestibility cages with five birds per UE, totalizing 125 birds from 28 to 35 days of age. To determine the effects that the levels provided in the rearing (15 to 42 days of age) were in the laying phase, twelve birds from each UE from rearing phase were transferred to cages at 42 days of age, where they received a basal diet and the productive performance and eggs quality were evaluated in three productive cycles of 21 days each. The experimental design in the production phase was completely randomized, containing five levels of ThrD (0,52; 0,60; 0,68; 0,72 and 0,84%), with five replicates and 12 quails per experimental unit, totaling 300 birds, with initial average weight of $149.78 \pm 4.33\text{g}$ from 58 to 120 days old. For the levels provided in the growth phases there was no significant effect on the performance, body chemical composition and relative weight organs in the three phases. The jejunum morphometry of the indicated an increasing linear behavior of the villus: crypt relationship at 7 and 14 days of age and a linear decreasing of the crypt depth at 14 days of age. The NB and MC did not present significant effects. The ThrD levels fed

during the rearing phase linearly increased the initial and final body weight of the birds in the laying phase. For the levels provided at the production stage the body weight, laying rate, feed conversion per kg of eggs, feed conversion per dozen eggs and mass of eggs showed a quadratic effect on ThrD levels, and the consumption of threonine increased linearly with increasing levels. Among egg quality variables, only the egg weight presented statistical difference, being influenced in a quadratic way by ThrD levels. The relative weights of the organs were not significant, but the intestine length, villus height and villus: crypt ratio presented quadratic effect. It is concluded that the ThrD level of 0.58% in the growth diet provides adequate growth and satisfactory performance of Japanese laying quails. And the level of 0.70% of ThrD was estimated as a recommendation for diets formulation of Japanese quails in the laying initial phase.

Key words: amino acids, *coturnix coturnix japonica*, performance, quality of quail eggs

I – INTRODUÇÃO

A coturnicultura é um ramo da avicultura, em que codornas são criadas para produção de ovos ou para abate. Nos últimos anos essa atividade tem apresentado desenvolvimento bastante elevado, com a adequação as novas técnicas e tecnologias de produção, em que uma atividade tida como de subsistência passa a ocupar um cenário de atividade altamente tecnificada (Pastore et al., 2012).

Sabe-se a importância da proteína na nutrição de codornas, porém níveis excessivos deste nutriente na dieta além de ser um custo adicional em sua formulação, criam também problemas de contaminação do ambiente e afetam o desempenho produtivo das aves (Rostagno et al., 2006). Por outro lado, o desequilíbrio no perfil de aminoácidos resultará em uma taxa de crescimento reduzida e menor eficiência de utilização do alimento (Dersjant-Li e Peisker, 2011). Por isso, o principal desafio na sustentabilidade a longo prazo da produção de codornas continua sendo o custo da proteína dietética e o fornecimento de aminoácidos essenciais (Rezaeipour et al., 2016).

Nesse contexto, o conceito de proteína ideal traz a possibilidade de estabelecer proporção ideal entre todos os aminoácidos na dieta, e reduzir os níveis de proteína bruta (Brumano, 2009). Isso reduz o uso de aminoácidos como fonte de energia e diminui a excreção de nitrogênio (Costa et al., 2015).

A L-treonina é adicionada à dieta para combinar exatamente o equilíbrio de aminoácidos com o requisito nutricional exclusivo da ave e muitos estudos com treonina foram relatados em codornas para produção de carne, mas quase nenhuma informação sobre a produção de ovos de codornas japonesas alimentadas com treonina (Sasidhar et al., 2016). O que é de grande importância já que a treonina é um aminoácido nutricionalmente essencial para as aves por não poder ser sintetizada pelas mesmas. É considerada o terceiro aminoácido limitante, especialmente em dietas com baixa proteína

bruta (Kidd e Kerr, 1996; Schutte, 1998), precedido da metionina e da lisina (López et al., 2001).

O metabolismo de treonina é realizado pelas enzimas treonina desidratase, treonina desidrogenase e treonina aldolase. O esqueleto de carbono proveniente da L-treonina pela ação da treonina desidratase pode ser utilizado como fonte energética ou para produção de glicose, e a glicina obtida pela ação da treonina desidrogenase e pela treonina aldolase será utilizada para as necessidades metabólicas, como síntese de proteína, serina, ácido úrico, sais biliares e glutatona (Kidd et al., 1996).

Nas aves, a treonina, além de ser importante nos aspectos citados anteriormente, está envolvida na resposta imune, fazendo parte das moléculas de determinadas globulinas (imunoglobulinas) do sistema imunológico (Lemme, 2001; Ojano-Dirain & Waldroup, 2002), atuando diretamente na integridade e no desenvolvimento do intestino.

Apesar de sua importância, ainda há muita divergência entre os níveis de treonina recomendados pelos principais guias de formulação, tanto nas fases de crescimento, como também em fase de produção. O NRC (1994), recomenda 1,02% de treonina para codornas japonesas em crescimento, enquanto as Tabelas Brasileiras, descritas por Rostagno et al. (2017), recomendam 0,733% de treonina digestível para codornas japonesas em fase de cria e 0,734% para recria. No período de postura, é recomendado 0,74% de treonina digestível para codornas japonesas pelo NRC (1994), e as Tabelas Brasileiras (Rostagno et al., 2017), trazem a recomendação dividida de acordo com o peso corporal e consumo de ração, os valores são de 0,701%, 0,675 % e 646% de treonina digestível para codornas com peso de 190, 200 e 210 gramas respectivamente.

Mesmo com essas recomendações acima, é de extrema importância a realização de estudos que estimem a exigência de treonina digestível para codornas japonesas em condições brasileiras e que com faixa de peso menor, já que a maioria do material genético produzido no Brasil para essa espécie, tem em média 170 gramas no período de produção.

Deste modo, o objetivo deste trabalho foi estimar a exigência nutricional de treonina digestível para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*), nas fases de crescimento e produção, visando a maximização do desempenho zootécnico, verificando seu efeito sobre a composição química corporal, peso dos órgãos, morfometria intestinal e balanço de nitrogênio dessas aves, além da qualidade interna e externa dos ovos.

1.2 Revisão de literatura

1.2.1 Coturnicultura de postura

A codorna (*Coturnix*) é uma ave originária do norte da África, da Europa e da Ásia. Foi criada primariamente na China e Coreia e posteriormente no Japão, por pessoas que admiravam seu canto (Lucotte, 1982). Submetidas à seleção e melhoramento durante séculos por japoneses, a codorna utilizada no Brasil (*Coturnix coturnix japonica*) para produção de ovos, possui altos índices de produtividade (80-95%). Esta ave produz, em média, cerca de trezentos ovos em um ciclo produtivo de 12 meses (Santos, 2003).

O início da criação de codornas no Brasil, foi no final da década de 1950 (Brandão, 1991), alcançando época áurea entre os anos de 1986 e 1988, quando ocorreu uma superprodução de ovos, e causou a falência de vários produtores e consequente perda na produção e exploração dessas aves. No entanto, atualmente, tem-se observado uma retomada crescente da coturnicultura, destacando-se a região Sudeste com 66,9% do efetivo de codornas e responsável por 68,3% da produção nacional de ovos de codornas (IBGE, 2016).

A codorna japonesa possui várias vantagens, como crescimento rápido, maturidade sexual precoce, alta taxa de produção de ovos e um intervalo de geração curto (Hemid et al., 2010). Varghese (2002) afirma que em condições adequadas a codorna japonesa pode começar a colocar ovos com 35 dias de idade e Piano et al. (2004) afirmou que, sob alto cuidado intensivo, as codornas japonesas atingem a produção máxima de 10 a 12 semanas de idade. Sabendo da precocidade dessa espécie, fica evidente a necessidade de programas nutricionais que visem a máxima taxa de crescimento e o correto desenvolvimento corporal, possibilitando que as aves ao atingirem a maturidade sexual apresentem o peso ideal e uniformidade no plantel (Bruxel, 2016).

Diferente de outras espécies de aves, a criação de codornas comerciais ainda necessita de informações como o peso ideal para cada fase, requisitos nutricionais, gerenciamento de iluminação e outros aspectos através de manuais disponíveis aos criadores ou mesmo literaturas mais consistentes sobre a criação. Neste contexto, os produtores utilizam manuais sobre galinhas poedeiras e, apesar dos bons resultados obtidos, há necessidade de estudos sobre as codornas para desenvolver um manual específico, como aqueles que já existem para criadores de galinhas poedeiras e frangos de corte (Molino et al., 2015).

1.2.2 Nutrição e exigência de proteína e aminoácidos para codornas japonesas

Ao considerar que as rações de codornas contêm mais proteína que as rações de frangos e poedeiras, o custo de alimentação das codornas por unidade de produto carne ou ovos é, supostamente, maior (Silva et al., 2012). Por isso, o refinamento na formulação de rações para aves é prática contínua dos nutricionistas de animais, que visam melhorar a economicidade da cadeia produtiva, adequando o perfil bromatológico dos ingredientes às exigências nutricionais de cada categoria zootécnica (Moura et al., 2010).

Além do elevado custo, proporções de proteína acima das necessidades do organismo pode acarretar em sobrecarga dos rins, que necessitam eliminar o nitrogênio em excesso já que este não pode ser armazenado, então em vez de haver aumento na produção haverá desperdício do nutriente (Andriquetto et al., 2002).

A fonte de proteína de alta qualidade com equilíbrio adequado de aminoácidos se torna muito importante para codornas voltadas a produção de ovos (Alagawany et al., 2014; Tanuja et al., 2017), já que aproximadamente 50% da matéria seca do ovo é constituída por proteína, assim, o suprimento de aminoácidos para essa síntese pode ser fator crítico na produção de ovos pelas aves (Leeson e Summers, 2001).

Os recentes avanços no conhecimento do metabolismo das proteínas e o surgimento de novos aminoácidos sintéticos de produção em larga escala e preços mais baixos, permitiram que os nutricionistas formulassem dietas mais próximas da exigência de animais, melhorando a utilização de proteínas alimentares, reduzindo custos e resíduos nocivos ao meio ambiente (Samuel et al., 2017).

Dessa maneira, hoje, têm-se dietas formuladas com base no conceito da proteína ideal, atendendo a necessidade aminoacídica no limiar do requerimento nutricional da ave possibilitando-a de expressar seu máximo potencial produtivo. Entretanto, com a utilização desse conceito, o ajuste da ótima relação ideal desses componentes se torna cada vez mais importante. (Costa et al., 2015).

Para determinar as exigências ou o perfil ideal de aminoácidos, os métodos de pesquisa compreendem a revisão de literatura, o método dose-resposta e o fatorial (Sakomura e Rostagno, 2007). Contudo, a grande maioria dos estudos para definir exigências dos aminoácidos em aves tem-se baseado no método dose-resposta. Este método determina os níveis nutricionais ótimos com base na resposta do desempenho animal em função dos níveis crescentes dos nutrientes na dieta. Ele também é um método bastante utilizado para fornecer componentes para os modelos fatoriais (D'Mello, 2003), como a eficiência de utilização dos aminoácidos.

1.2.3 Treonina: caracterização e metabolismo

Sabe-se que os principais aminoácidos limitantes para aves são: lisina, metionina, treonina, triptofano e valina (Pessôa et al., 2012), sendo que a treonina foi o último dos 20 aminoácidos naturais a ser conhecido e sua estrutura química (ácido α -amino- β -hidróxi-n butírico) foi determinada por William C. Rose em 1935, sendo assim denominada por sua semelhança com a estrutura química do carboidrato simples treose. É o aminoácido de menor peso molecular (119,12) e contém 11,76% de nitrogênio (Berres et al., 2007). A treonina tem um grupo R polar e neutro, que resulta ser relativamente hidrofílico por possuir um grupo hidroxila capaz de formar ligações de hidrogênio com a água, além disso, sua estrutura possui dois átomos de carbono assimétricos, assim, existem quatro estereo-isômeros ópticos possíveis: a L- e a D-treonina e a L- e a D-alotreonina. (De Blas et al., 2000).

Diferentes dos demais aminoácidos, a treonina não é transaminada, pois os animais não dispõem de uma isomerase (transaminase) capaz de transformar D- em L-treonina, seu isômero D- e alfa-cetoácido não são utilizados. Assim, sua produção industrial se faz a partir de processos fermentativos, em que é gerado somente o isômero L-treonina (De Blas et al., 2004), que é a forma sintética desse aminoácido, cuja digestibilidade varia de 98% a 99% e sua equivalência proteica situa-se em torno de 74% (Leeson e Summers, 2001).

Além de estar presente em pequenas quantidades em muitos cereais utilizados nas dietas das aves (Lewis & Southern 2000) como pode ser visto na Tabela 1, a digestibilidade da treonina é inferior à média da proteína e bastante variável, e como agravante, há o fato de que a sua disponibilidade em relação aos demais aminoácidos tem sido baixa até mesmo no farelo de soja (Kovar, et al., 1993; Adeola et al., 1994), sendo motivo de atenção na formulação de rações (Berres et al., 2007).

A digestibilidade da treonina em aves foi estudada por Ammerman et al. (1995) que concluíram que há diferença de acordo com o ingrediente da ração com variação de 29% entre os alimentos, com 89% de disponibilidade para farelo de soja, 84% para milho, 81% para o sorgo e 100% para L-treonina. Em decorrência dessa variação, deve-se saber que quando esse aminoácido é incluído na dieta, é importante estar atento a utilização do mesmo em unidades digestíveis, já que o uso de unidades totais implica em um erro de valorização (parte do nutriente ingerido não é digerido e absorvido) dependendo do tipo de ingrediente incluído na dieta (Berres et al., 2007).

Tabela 1 Níveis de treonina total e digestível em alguns ingredientes vegetais de rações de aves.

Fonte	Treonina total (%)	Treonina digestível (%)	Relação treonina: lisina digestíveis
Algodão, Farelo 39% PB	1,26	0,92	0,80
Arroz, Farelo	0,50	0,36	0,77
Carne Ossos F., 48%PB	1,53	1,23	0,61
Girassol, Farelo	1,16	0,96	1,02
Milheto, Grão	0,50	0,43	1,39
Milho, Grão 7,86%PB	0,31	0,29	1,53
Milho, Glúten 60%PB	2,03	1,87	2,08
Soja, Farelo 46%PB	1,82	1,57	0,60
Soja, Integral Extrusada	1,44	1,27	0,63
Sorgo, Grão Baixo Tanino	0,28	0,25	1,39
Trigo, Farelo	0,51	0,37	0,82
Triticale, Grão	0,37	0,30	0,88

Fonte: Adaptado de Rostagno et al. (2017).

Além dos baixos coeficientes de digestibilidade, sua hidrólise e absorção também são mais lentas (De Blas et al., 2000). Após ser ingerido pelos animais, a treonina é absorvida no intestino delgado, principalmente no íleo, e após a absorção não passa inteiramente ao sangue da veia porta, que coleta os nutrientes do processo de digestão, desta forma, uma parte significativa da treonina digestível pode ser utilizada pelo próprio trato digestório, e uma outra pequena quantidade segue pela via linfática (Le Bellego et al., 2002). No fígado, parte do aminoácido é fixado pelas células hepáticas e o restante é liberado na corrente sanguínea formando um pool extracelular de aminoácidos livres (Rathmacher, 2000). Os aminoácidos que são absorvidos pela ave podem ser usados tanto na manutenção, quanto para crescimento e produção, e para aves de postura, o aminoácido é utilizado também para a produção de ovos.

No metabolismo da treonina está envolvido a síntese e degradação proteica; a incorporação do nitrogênio do aminoácido no ácido úrico; a conversão do esqueleto carbônico em glicose, gordura ou energia, CO₂ e H₂O; e a formação de derivados não proteicos (Kidd e Kerr, 1996). As enzimas treonina desidratase, treonina desidrogenase e treonina aldolase participam do metabolismo da treonina dependendo da sua rota metabólica (Bernardino et al., 2011) (Figura 1). Segundo Davis e Austic (1982), há maior atividade da treonina desidrogenase no pâncreas e da treonina desidratase e treonina aldolase no fígado e músculo.

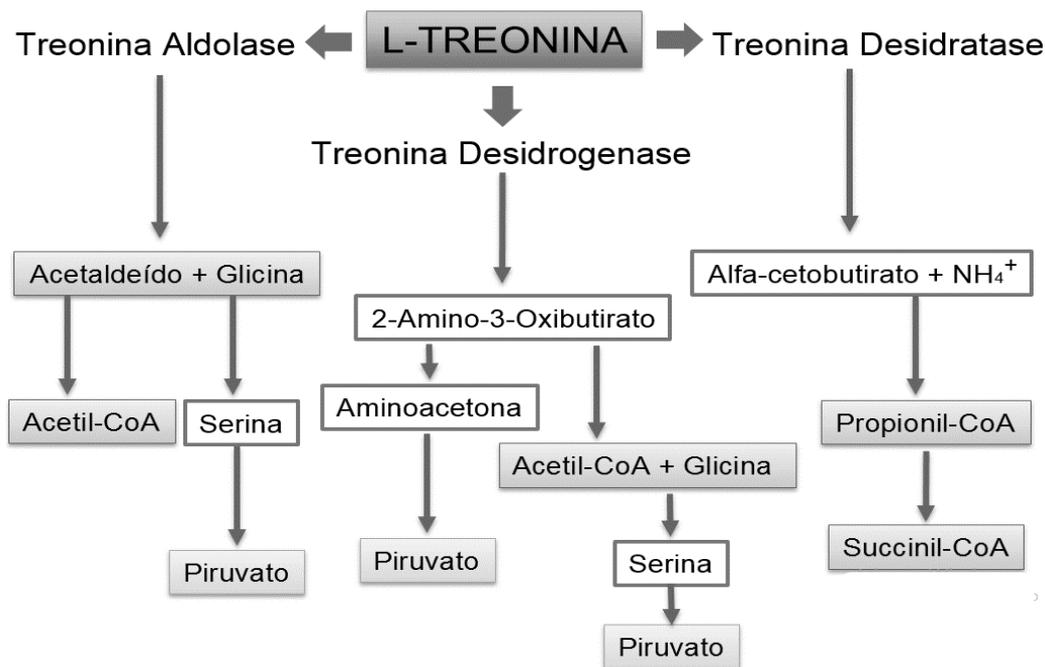


Figura 1 Catabolismo de treonina (adaptado de Davis e Austic, 1982).

O esqueleto de carbono proveniente da L-treonina pela ação da treonina desidratase produz piruvato e propionato, produtos glicogênicos que podem ser utilizados para a produção de energia (Kidd e Kerr, 1996).

A ação da treonina desidrogenase e da treonina aldolase favorecem a síntese de glicina (Corzo et al., 2009). A treonina desidrogenase está localizada na matriz mitocondrial, essa enzima forma um complexo solúvel com o 2-amino-3-oxibutirato CoA-ligase, que catalisa a conversão do 2-amino-3-oxibutirato em acetil-CoA e glicina. Porém, quando na reação não se encontra disponível o cofator CoA, é gerado aminoacetona, com produto alternativo (Davis e Austic, 1997). A degradação de treonina em glicina e acetaldeído pela enzima treonina aldolase acontece no citosol e utiliza o fosfato de piridoxal como cofator. A treonina aldolase é a mesma enzima que catalisa a interconversão entre a glicina e serina (Kidd e Kerr, 1996).

A glicina obtida pela ação da treonina desidrogenase e pela treonina aldolase será utilizada para as necessidades metabólicas, como síntese de proteína, serina, ácido úrico, sais biliares e glutatona (Kidd e Kerr, 1996). Qualquer desvio da treonina para rotas de completa oxidação, produção de glicose ou glicina reduz ainda mais a quantidade de treonina disponível para a síntese proteica (Egan et al., 1983).

A excreção de nitrogênio das aves ocorre na forma de ácido úrico. A molécula de glicina é importante na formação do ácido úrico e, quando há deficiência desse aminoácido, ocorre o catabolismo de treonina pela ação da treonina desidrogenase e aldolase para obtenção de glicina (Bernardino et al., 2011).

1.2.4 Importância da treonina para codornas japonesas

A treonina é tipicamente o terceiro aminoácido limitante para aves (Kidd et al., 1999; Ayasan e Okan, 2006; Baylan et al., 2006). Os aminoácidos limitantes são aqueles que estão presentes nas dietas em concentração menor e, o anabolismo animal não acompanha a necessidade em que é exigido para o máximo crescimento do mesmo (Bertechini, 2012).

A suplementação da treonina para aves via dieta é necessária, já que ela não pode ser sintetizada a partir de outros aminoácidos, diferentemente da glicina e da serina que podem ser sintetizadas a partir da treonina. Baker et al. (1972), comprovaram que uma dieta livre de glicina e serina pode ser suprida com excesso de treonina. A glicina, além de utilizada para a síntese proteica, formação de DNA, RNA, colágeno, elastina, creatina, sais biliares e ácido úrico, a glicina é o único aminoácido incorporado inteiramente na molécula de ácido úrico no processo de excreção de nitrogênio. Seve et al. (1993) relataram que um déficit de glicina poderia causar aumento na exigência de treonina. Portanto, como a treonina é precursora da glicina, um excesso de proteína bruta na dieta resulta em aumento da exigência de treonina, que transformada em glicina, é incorporada na molécula de ácido úrico e eliminada.

O conteúdo de treonina na pena e na carcaça é de 4,9 e 4,2%, respectivamente (Stilborn et al., 1997). A treonina incorporada nas penas não está disponível para reutilização. Embora o conteúdo de treonina nas proteínas intestinais, coração, fígado e pulmões sejam similares ao conteúdo da carcaça, enzimas digestivas possuem maior conteúdo de treonina, variando de 5 a 11% (Dozier et al., 2001).

Uma peculiaridade da treonina é que a sua exigência para a manutenção é alta em relação aos outros aminoácidos devido pela alta taxa para manutenção do *turnover* proteico e a sua contribuição nas perdas endógenas intestinais (Corzo et al., 2007), realizadas por meio de secreções. O *turnover* é o processo dinâmico de síntese e degradação dos componentes corporais, em outras palavras, de renovação (Waterlow, 2006). E em relação as secreções, 5 a 11% dos resíduos de aminoácidos de enzimas digestivas e 16 a

30% da proteína constituinte da mucina intestinal é constituída de treonina (Dozier et al., 2001; Corzo et al., 2007; Faure et al., 2005).

Um importante destino metabólico da treonina, é a incorporação da mesma nas proteínas da mucosa intestinal (Robertson et al., 1991; Van Klinken et al., 1995), sendo estimado que mais da metade da treonina consumida seja utilizada no intestino, para as funções de manutenção, sendo primariamente utilizada na síntese de mucina (Corzo et al., 2007; Myrie et al., 2001). O tipo e quantidade de mucina produzida no trato gastrointestinal influenciam as comunidades microbianas (por servir de substrato para a fermentação e fixação bacteriana), a disponibilidade de nutrientes (via perda endógena de mucina, bem como a absorção de nutrientes) e a função imune (via controle de população microbiana e disponibilidade de nutrientes). Por sua vez, as comunidades microbianas no trato gastrointestinal, bem como a exposição aos nutrientes e ingredientes de alimentos, irão afetar a dinâmica de mucina (Koutsos e Arias, 2006).

A mucina é uma glicoproteína composta por treonina, serina e prolina e compõe parte do muco (95% de água e 5% de mucina) que atua como barreira de proteção contra a ação de enzimas digestivas e o dano físico da digestão por patógenos (Faure et al., 2007). A importância de cada tipo de mucina ainda não é bem definida, porém aparentemente a mucina ácida atua como barreira bacteriana, enquanto a mucina neutra é mais resistente às proteases endógenas (Lunedo et al., 2014).

De acordo com Stoll et al. (1998), quase 90% da treonina usada pelo trato gastrointestinal ou é secretada como proteína mucosal ou catabolisada, pois a mucina é praticamente indigestível, e a treonina nela contida não pode ser recuperada e se perde nas excretas (Fuller, 1994), isto corresponde a aproximadamente 50% do aminoácido na dieta (Wu, 1998). A síntese de mucina e de células caliciformes são sensíveis ao desbalanço de treonina na dieta (Law et al., 2007), e em uma situação de estresse do animal, pode também ocorrer o aumento de produção de mucina e o aumento da mobilização de treonina para suprir essa situação de desafio.

Semelhante às mucinas, os anticorpos contêm alto nível de treonina, sendo provavelmente este o primeiro aminoácido limitante para a produção de imunoglobulinas G (Ajinomoto, 2003), representando de 8 a 11% do total das proteínas do sistema imune de aves, coelhos, humanos e suínos (Amezcuca, 2006).

Tratando de aves de postura, a treonina possui mais um importante destino, que é para a formação da proteína do ovo, uma vez que a produção e o tamanho dos ovos são dependentes de alguns fatores, entre eles a ingestão de proteínas (Sakomura et al., 2002),

tornando imprescindível que a concentração de aminoácidos e o consumo de ração estejam adequados para atingir a produção de ovos desejada (Pesti, 1992).

O sintoma clássico do desequilíbrio entre aminoácidos é a redução do consumo voluntário e do desempenho. Bioquimicamente, o sintoma é a redução da concentração plasmática do aminoácido limitante. David e Austic (1994) atribuem esta resposta ao aumento da atividade da treonina desidrogenase, e eleva a velocidade de catabolismo da treonina.

A deficiência de treonina na dieta pode induzir alterações no crescimento, acúmulo de lipídios no fígado (esteatose hepática), além de manifestar distúrbios gástricos (má digestão), intestinais (má absorção) e imunológicos, causando prejuízo no desenvolvimento animal, além de reduzir sua disponibilidade para a síntese de proteína muscular (Ajinomoto, 2007).

Também, tem-se observado efeito negativo do excesso de treonina sobre o consumo alimentar e a deposição de gordura nos suínos (Rossoni et al., 2008). O acúmulo de treonina no sangue dificulta a oxidação do excesso de treonina e a redução da secreção de serotonina no cérebro, em razão do aumento da concentração desse aminoácido (Henry; Sève, 1993), induzindo diminuição da ingestão de alimentos. Assim, a exigência de treonina para máximo crescimento do tecido magro seria maior que aquela estabelecida para máximo ganho de peso (De Blas et al., 2004).

1.2.5 Exigências de treonina digestível para codornas japonesas

Junto com o avanço da coturnicultura foram se estabelecendo práticas de manejo para sua criação, galpões e equipamento mais tecnificados e seleções genéticas para a produção de ovos, porém o número de trabalhos voltados a determinar a exigência de treonina digestível para codornas japonesas ainda é escasso, principalmente em fase de crescimento. Sendo que os valores existentes recomendados são muito variados, inclusive quanto a forma de abordagem (treonina total ou digestível).

A melhora na conversão alimentar das codornas japonesas que consumiram dietas contendo 1,02% de treonina de 0 a 5 semanas foi observada por Kaur et al. (2008) ao avaliar o efeito da treonina sobre o desempenho de codornas japonesas em crescimento, mesmo valor recomendado por Young et al. (1978), e também pelo NRC (1994). Samuel et al., (2017) verificaram que o peso do primeiro ovo foi maior em codornas que receberam 1,08% de treonina total de 2 a 6 semanas de idade.

Para codornas japonesas em crescimento, Silva e Costa (2009), dividem a exigência de 1 a 21 e de 22 a 42 dias de idade, sendo a recomendação de treonina digestível de 0,87% e 0,82% respectivamente. Já nas Tabelas Brasileiras (Rostagno et al., 2017) é recomendado 0,733% de treonina digestível para codornas japonesas em fase de cria e 0,734% para recria.

Para as codornas japonesas em produção de ovos, a recomendação de Silva e Costa (2009) de treonina digestível é de 0,67% para postura 1 e de 0,73% para postura 2. Procurando determinar as exigências de proteínas e aminoácidos essenciais para codornas japonesas em postura, Allen e Young (1980) utilizaram dietas à base de farelo de soja e de caseína, suplementadas com aminoácidos essenciais e ácido glutâmico, e por fim, estimaram a exigência de treonina em 0,67%. Shim e Vohra (1984) sugeriram que as dietas deveriam conter 1,10% de treonina. Entretanto, Shim e Lee (1993) relataram que para ótima produção de ovos e eficiência alimentar, as dietas das codornas em postura deveriam conter 0,63% de treonina. Trabalhos conduzidos por Shrivastav e Panda (1990) levaram a recomendação do nível 0,64% de treonina.

Umigi et al. (2007) concluíram que para proporcionar os melhores resultados de desempenho e de qualidade de ovos, a codorna japonesa não exige mais que 0,65% de treonina digestível. Porém, Lima et al. (2013) verificaram aumento nos índices de desempenho, com relação de treonina: lisina de 78 ou 0,78% de treonina na alimentação de codornas japonesas.

Inclusive os guias de formulação não apresentam consenso quanto aos valores recomendados. Segundo o NRC (1994), a exigência nutricional de treonina digestível para codornas japonesas em postura é de 0,74%. Nas Tabelas Brasileiras (Rostagno et al., 2017) a recomendação é dividida de acordo com o peso corporal e consumo de ração, sendo os valores de 0,701%, 0,675 % e 646% de treonina digestível para codornas com peso de 190, 200 e 210 gramas respectivamente. E a tabela do INRA (1999) recomenda 0,58% de treonina.

Muitos dos estudos apresentados datam mais de 10 anos para os padrões nutricionais de treonina estabelecidos, comprovando a grande defasagem de informações sobre esta espécie. A atualização desses padrões é necessária pela seleção genética estar em constante evolução. Adicionalmente, métodos que considerem diferenças de potencial genético, ambiente, condição de produção e pesos das aves utilizadas no Brasil devem ser adotados para estabelecer padrões nutricionais de forma mais precisa.

1.3 Referências

- Adeola, O.; Lawrence, B.V.; Cline, T.R., 1994: Availability of amino acids for 10-to 20-kilogram pigs: lysine and threonine in soybean meal. *Journal of animal science* **72**, 2061-2067.
- Ajinomoto Animal Nutrition – Boletim técnico 10, 2003: *Exigências de treonina para suínos*. Benefícios da suplementação de L-treonina. Acessado em 15 de dezembro de 2017. Disponível em www.lisina.com.br
- Ajinomoto Animal Nutrition. (2007). *Importância da treonina na nutrição de suínos*. Acessado em 19 de dezembro de 2017. Disponível em www.lisina.com.br
- Alagawany, M.; El-Hack, M.E.A.; Laudadio, V.; Tufarelli, V., 2014: Effect of low-protein diets with crystalline amino acid supplementation on egg production, blood parameters and nitrogen balance in laying Japanese quails. *Avian Biology Research* **7**, 235-243.
- Allen, N.K.; Young, R.J., 1980: Studies on the amino acid and protein requirements of laying Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Poultry Science* **59**, 2029-2037.
- Amezcuca, C., 2006: *Treonina em dietas para aves*. Acessado em 12 de dezembro de 2017. Disponível em www.lisina.com.br
- Ammerman, C.B.; Baker, D.P.; Lewis, A.J., 1995: *Bioavailability of nutrients for animals: Amino acids, minerals, vitamins*. Academic Press.
- Andriguetto, J.M.; Perly, L.; Minardi, I.; Gemael, A.; Flemming, J.S.; Souza, G.A.; Bona Filho, A., 1981: *Nutrição animal: as bases e os fundamentos da nutrição animal-os alimentos*. Nobel.
- Ayasan, T.; Okan, F., 2006: Determination of threonine requirements of female broiler chicks in starter period. *Journal of Faculty of Agriculture*, 41-48.
- Baker, D.H.; Batal, A.B.; Parr, T.M.; Augspurger, N.R.; Parsons, C.M., 2002: Ideal ratio (relative to lysine) of tryptophan, threonine, isoleucine, and valine for chicks during the second and third weeks posthatch. *Poultry Science* **81**, 485-494.
- Baker, D.H.; Hill, T.M.; Kleiss, A.J., 1972: Nutritional evidence concerning formation of glycine from threonine in the chick. *Journal of animal science* **34**, 582-586.
- Baylan, M.; Canogullari, S.; Ayasan, T.; Sahin, A., 2006: Dietary threonine supplementation for improving growth performance and edible carcass parts in Japanese quails, *Coturnix coturnix japonica*. *International Journal of Poultry Science* **5**, 635-638.

- Bernardino, V.M.P.; Albino, L.F.T.; Rostagno, H.S.; Oliveira, M.; Mendes, F.Q.; Pereira, C.M.C.; Maia, R.C., 2011: Efeito de diferentes relações treonina: lisina digestíveis, suplementadas ou não com glicina, sobre a atividade enzimática em pintos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia* **40**, 2732-2738.
- Berres, J.; Vieira, S.L.; Coneglian, J.L.B; Olmos, A.R.; Freitas, D.M.; Bortolini, T.C.K.; Silva, G.X., 2007: Respostas de frangos de corte a aumentos graduais na relação entre treonina e lisina. *Ciência Rural* **37**.
- Bertechini, A.G., 2012: *Nutrição de monogástricos*. Lavras: Editora UFLA.
- Brandão, S.; Reis, J.; Santos, M., 1991: Efeito de níveis de energia e proteína sobre o peso corporal de codornas (*Coturnix coturnix japonica*) das linhagens branca e pintada, na fase de crescimento. *Reunião Anual Da Sociedade Brasileira De Zootecnia* **28**, 350.
- Brumano, G., 2009: Níveis de lisina e de metionina+ cistina e proteína bruta para melhor qualidade de ovo e de carcaça de aves e de suínos. *Revista Eletrônica Nutritime* **6**, 898-917.
- Bruxel, T.M.O., 2016: Exigência de energia metabolizável e lisina digestível para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*). Tese (D.Sc.). Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR.
- Corzo, A.; Kidd, M.T.; Dozier, W.A.; Kerr, B.J., 2009: Dietary glycine and threonine interactive effects in broilers. *Journal of Applied Poultry Research* **18**, 79-84.
- Corzo, A.; Kidd, M.T.; Dozier, W.A.; Pharr, G.T.; Koutsos, E.A., 2007: Dietary threonine needs for growth and immunity of broilers raised under different litter conditions. *Journal of Applied Poultry Research* **16**, 574-582.
- Costa, F.G.P.; Pinheiro, S.G.; LIMA, M., 2015: Exigências de aminoácidos para poedeiras. In 29ª Reunião do CBNA–Congresso sobre Nutrição de Aves e Suínos **29**.
- Davis, A.J.; Austic, R.E., 1994: Dietary threonine imbalance alters threonine dehydrogenase activity in isolated hepatic mitochondria of chicks and rats. *The Journal of nutrition* **124**, 1667-1677.
- Davis, A.J., Austic, R.E., 1997: Dietary protein and amino acid levels alter threonine dehydrogenase activity in hepatic mitochondria of *Gallus domesticus*. *The Journal of nutrition* **127**, 738-744.
- Davis, A.T.; Austic, R.E., 1982: Threonine-degrading enzymes in the chicken. *Poultry science*, **61**, 2107-2111.

- De Blas, C.B.; García, A.I.; Carabaño, R., 2000. Necesidades de Treonina em animales monogástricos. FEDNA. Dep. de Producciom Animal. Universidade Politecnica de Madri. Disponível em: <http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/00CAP1.pdf/>.
- De Blas, C.B.; García, A.I.; Carabaño, R., 2004: Necesidades en treonina en animales monogástricos. In Curso de Especialización Necesidades de Treonina em Animales Monogástricos. Universidad Politécnica de Madrid, **22**.
- Dersjant, L.Y.; Peisker, M., 2011: A review on recent findings on amino acids requirements in poultry studies. *Iranian Journal of Applied Animal Science* **1**, 73 - 79.
- D'Mello, J.F., 2003: *Amino acids in animal nutrition* (No. Ed. 2). CABI publishing.
- Dozier, W.A.; Moran Junior, E.T.; Kidd, M.T., 2001: Male and female broiler responses to low and adequate dietary threonine on nitrogen and energy balance. *Poultry science* **80**, 926-930.
- Egan, A.R.; Macrae, J.C.; Lamb, C.S., 1983: Threonine metabolism in sheep. *British Journal of Nutrition* **49**, 373–383.
- Faure, M.; Choné, F.; Mettraux, C.; Godin, J.P.; Béchereau, F.; Vuichoud, J.; Obled, C., 2007: Threonine utilization for synthesis of acute phase proteins, intestinal proteins, and mucins is increased during sepsis in rats. *The Journal of nutrition* **137**, 1802-1807.
- Faure, M.; Moënnnoz, D.; Montigon, F.; Mettraux, C.; Breuillé, D.; Ballèvre, O., 2005: Dietary threonine restriction specifically reduces intestinal mucin synthesis in rats. *The Journal of nutrition* **135**, 486-491.
- Fuller, M. F., 1994: Amino acid requirements for maintenance, body protein accretion and reproduction in pigs. In: *D'Mello J.P.F., Amino Acids in Farm Animal Nutrition*, CAB International, 155–184
- Hemid, A.E.A.; El-Gawad, A.A.; El-Wardany, I.; El-Daly, E.F.; El-Azeem, N.A., 2010: Alleviating effect of some environmental stress factors on productive performance of laying quail. 2. Laying performance. *World Journal of Agricultural Sciences* **6**, 517-524.
- Henry, Y.; Seve, B., 1993: Feed intake and dietary amino acid balance in growing pigs with special reference to lysine, tryptophan and threonine. *Pig News and Information* **14**, 35-43.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2016. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/media/com_materialdeapoio/arquivos/ea77821e06cad1457f9b35c1abe2137f.pdf. Acessado em 03/01/2018.

- INRA - Institut National De La Recherche Agronomique, 1999: *Alimentação dos animais monogástricos: suínos, coelhos e aves*. 2ª ed. São Paulo: Roca, 245.
- Kaur, S.; Mandal, A.B.; Singh, K.B.; Kadam, M.M., 2008: 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* **117**, 255-262.
- Kidd, M.T.; Kerr, B.J., 1996: L-threonine for poultry: A review. *Journal of Applied Poultry Research* **5**, 358-367.
- Kidd, M.T.; Lerner, S.P.; Allard, J.P.; Rao, S.K.; Halley, J.T., 1999: Threonine needs of finishing broilers: growth, carcass, and economic responses. *Journal of Applied Poultry Research* **8**, 160-169.
- Kidd, M.T.; Kerr, B.J. L., 1996: Threonine for poultry: a review. *Journal Applied poultry science research* **5**, 358–367.
- Koutsos, E.A.; Arias, V.J., 2006: Intestinal ecology: interactions among the gastrointestinal tract, nutrition, and the microflora. *Journal of Applied Poultry Research* **15**, 161-173.
- Kovar, J.L.; Lewis, A.J.; Radke, T.R.; Miller, P.S., 1993: Bioavailability of threonine in soybean meal for young pigs. *Journal of animal science*, *71*, 2133-2139.
- Law, G.K.; Bertolo, R.F.; Adjiri-Awere, A.; Pencharz, P.B.; Ball, R.O., 2007: Adequate oral threonine is critical for mucin production and gut function in neonatal piglets. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology* **292**, 1293-1301.
- Le Bellego, L.; Relandeau, C.; Cauwenberghe, S.V., 2002: Threonine requirement in pigs - Benefits of L-Threonine supplementation. Ajinomoto Eurolysine. Technical Information. Disponível em: http://www.ajinomoto-eurolysine.com/bulletins/ajinomotobulletin_26_en.pdf **26**, 1-23.
- Leeson, S.; Summers, J.D., 2001: *Nutrition of the chicken*. Ontario: University of Guelph, 482.
- Lemme, A., 2001: Responses of broilers to dietary threonine: A survey of the international literature. *Amino News* **2**, 1-6.
- Lewis, A.J.; Southern, L.L., 2000: *Swine nutrition*. CRC press.
- López, R.M.; Méndez, T J.; González, E.A.; Amezcua, C.M., 2001: Necesidades de treonina en pollos sometidos a dos calendarios de vacunación. *Vet. Méx*, **32**, 189.
- Lucotte, G.A., 1982: *Codorniz criação e exploração*. Lisboa: Litexa, 102.

- Lunedo, R.; Fernandez-Alarcon, M.F.; Carvalho, F.M.S.; Furlan, L.R.; Macari, M., 2014: Analysis of the intestinal bacterial microbiota in maize-or sorghum-fed broiler chickens using real-time PCR. *British poultry science* **55**, 795-803.
- Marzzoco, A.; Torres, B.B., 1999: *Bioquímica Básica*. 2nd ed., Guanabara-Koogan, Rio de Janeiro.
- Molino, A.B.; Garcia, E.A.; Santos, G.C.; Vieira Filho, J.A.; Baldo, G.A.A.; Almeida Paz, I.C.L., 2015: Photostimulation of Japanese quail. *Poultry science* **94**, 156-161.
- Moura, A.M.A.; Fonseca, J.B.; Takata, F.N.; Rabello, C.B.V.; Lombardi, C.T., 2010: Metabolizable energy of different feedstuffs tested in female Japanese quails. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* **62**, 178-183.
- Myrie, S.B.; Bertolo, R.S.; Saurer, W.C., 2001: Threonine requirement and availability are affected by feed that stimulate gut mucin. *Advances in pork production* **12**.
- NRC - National Research Council, 1994: Nutrient requirements of poultry. 8th ed. *National Academy Press*, Washington, D.C.
- Nelson, D.L.; Cox, M.M., 2005: *Lehninger - Principles of Biochemistry*. 4th ed., Freeman and Company, New York.
- Neto, R., 2010: Níveis de treonina, glicina+ serina e suas relações para pintos de corte. Tese de Doutorado - Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba, Universidade Federal Rural de Pernambuco e Universidade Federal do Ceará, Areia.
- Ojano-Dirain, C.P.; Waldroup, P.W., 2002: Week of Age under moderate Temperature Stress. *International Journal of Poultry Science* **1**, 16-21.
- Pastore, S.M.; Oliveira, W.D.; Muniz, J.C.L., 2012: Panorama da coturnicultura no Brasil. *Revista eletrônica Nutritime* **9**, 2041-2049.
- Pessôa, G. B. S., Tavernari, F. D. C., Vieira, R. A., Albino, L. F., 2012. Novos conceitos em nutrição de aves. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, **13**.
- Pesti, G.M., 1992: Temperatura ambiente e exigências de proteína e aminoácidos para poedeiras. Simpósio Internacional de Não Ruminantes, 208-219.
- Piano, J.O.S; Kobayashi, S; Wada, Y., 2004: Purebred and crossbred performance from a Japanese quail body size. graduate school of Agricultural. *Uni. Animal. Dol. Res. Science* **53**.
- Rathmacher, J.A., 2000: Measurement and significance of protein turnover. *Farm Animal Metabolism and Nutrition*, 25-47.

- Rezaeipour, V.; Barsalani, A.; Abdullahpour, R., 2016: Effects of phytase supplementation on growth performance, jejunum morphology, liver health, and serum metabolites of Japanese quails fed sesame (*Sesamum indicum*) meal-based diets containing graded levels of protein. *Tropical animal health and production* **48**, 1141-1146.
- Roberton, A.M.; Rabel, B.A.N.D.U.L.E.; Harding, C.A.; Tasman-Jones, C.L.I.F.F.O.R.D.; Harris, P.J.; Lee, S.P., 1991: Use of the ileal conduit as a model for studying human small intestinal mucus glycoprotein secretion. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology* **261**, 728-734.
- Rossoni, M.C.; Donzele, J.L.; Oliveira, R.F.M.; Silva, F.C.O.; Abreu, M.L.T.; Kill, J.L.; Gattás, G., 2008: Níveis de treonina digestível para suínos machos castrados, de alto potencial genético para deposição de carne, na fase de terminação Digestible threonine levels for high genetic potential lean deposition finishing barrows. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* **60**, 884-889.
- Rostagno, H.S.; Albino, L.F.T.; Hannas, M.I.; Donzele, J.L.; Sakomura, N.K.; Perazzo, F.G.; Saraiva, A.; Teixeira, M.L.; Rodrigues, P.B.; Oliveira, R.F.; Barreto, S.L.T. Brito, C.O., 2017: *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 4 ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- Rostagno, H.; Albino, L.F.T.; Páez, B.L.E.; Rodrigues, C., 2006: Uso da proteína ideal para formular dietas de frangos de corte. *Seminário Técnico Ajinomoto Biolatina* **1**, 1-17.
- Sakomura, N.K.; Rostagno, H.S., 2007: *Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos*. Jaboticabal, Brazil: Funep, 283.
- Sakomura, N.K.; Basaglia, R.; Resende, K.T.D., 2002: Modelo para determinar as exigências de proteína para poedeiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2247-2254.
- Samuel, I.; Bawa, G.S.; Daudu, O.M.; Makinde, O.J.; Ibe, E.A.; Akintunde, A.R., 2017: Determination of optimum threonine requirements of japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) chicks reared under tropical environment. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, **20**.
- Santos, A., 2003: Panorama atual e perspectivas da coturnicultura no Brasil. *Relatório Técnico, UFRJ*.
- Sasidhar, T.; Mani, K.; Rajendran, K.; Vasanthakumar, T.; Prabhakaran, U., 2016: Influence of Feeding L-Threonine on the Productive Performance of Egg Type

- Japanese Quail Breeders in the Starter and Grower Phase. *Veterinary Science* **5**, 1079-1082.
- Schutte, J.B., 1998: The ideal amino acid profile for laying hens and broiler chicks. In *Proceedings of the 1998 Arkansas Nutrition Conference, Fayetteville*, 33-39.
- Sève, B.; Ganier, P.; Henry, Y., 1993: Courbe de réponse des performances de croissance du porc à l'apport de thréonine digestible vraie mesurée au niveau iléal. *Journées De La Recherche Porcine En France* **25**, 255-255.
- Shim, K.F.; Lee, T.K., 1993: Effect of Dietary essential amino acids on egg production of laying Japanese quail. *Singapore Journal of Primary Industries* **21**, 72-75.
- Shim, K.F.; Vorha, P.A., 1984: Review of the nutrition of Japanese quail. *World's Poultry Science Journal* **40**, 261-274.
- Shrivastav, A.K.; Panda, B., 1990: A review of quail nutrition research in India. *Worlds Poultry Science* **55**, 73-81.
- Silva, J.D.; Costa, F.G.P., 2009: *Tabela para codornas japonesas e européias*. Jaboticabal, SP: Funep.
- Silva, J.H.V.; Jordão Filho, J.; Costa, F.G.P.; Lacerda, P.B.D.; Vargas, D.G.V.; Lima, M.R., 2012: Exigências nutricionais de codornas. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, **13**.
- Stilborn, H.L.; Moran Junior, E.T.; Gous, R.M.; Harrison, M., 1997: Effect of age on feather amino acid content in two broiler strain crosses and sexes. *Journal of Applied Poultry Research* **6**, 205-209.
- Stoll, B.; Henry, J.; Reeds, P.J.; Yu, H.; Jahoor, F.; Burrin, D.G., 1998: Catabolism dominates the first-pass intestinal metabolism of dietary essential amino acids in milk protein-fed piglets. *The Journal of Nutrition* **128**, 606-614.
- Tanuja, S.; Kumar, A.; Nayak, S.K.; Behera, S.K.; Sarkar, A., 2017: Effect of dietary supplementation of acid ensiled fish waste on production performance, egg quality and serum biochemistry in layer Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Indian Journal of Animal Research*.
- Umigi, R.T.; Barreto, S.L.T.; Donzele, J.L., 2007: Níveis de treonina digestível em dietas para codorna japonesa em postura. *Revista Brasileira de Zootecnia* **36**, 1868-1874.
- Uni, Z.; Smirnov, A.; Sklan, D., 2003: Pre-and posthatch development of goblet cells in the broiler small intestine: effect of delayed access to feed. *Poultry Science* **82**, 320-327.

- Van Klinken, B.J.; Dekker, J.; Buller, H.A.; Einerhand, A.W., 1995: Mucin gene structure and expression: protection vs. adhesion. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*, **269**, 613-627.
- Varghese, K.S., 2002: The Japanese quail. Mich. State University Department A.B., 4094. Ross St. R.R. n5, Forest, Out. Non. I. Jo.
- Waterlow, J.C., 2006: *Protein turnover*. CAB Internacional: Kings Lynn.
- Young, R.J.; Ngo, A.; Cantor, A.H., 1978: Balancing amino acids for poultry to reduce total dietary protein. *Proc Cornell Nutr Conf. Cornell University*, Ithaca, NY, 127.

II – OBJETIVOS GERAIS

Esta pesquisa objetivou estimar a exigência nutricional de treonina digestível (ThrD) para codornas japonesas nas fases de cria I (1 a 7 dias de idade), cria II (8 a 14 dias de idade), recria (15 a 42 dias de idade) e postura (até 120 dias de idade), visando a maximização do desempenho zootécnico.

2.1 Objetivos específicos

- Determinar as exigências de ThrD para o máximo desempenho de codornas japonesas nas fases de cria, recria e postura;
- Verificar o efeito dos diferentes níveis de ThrD sobre a composição química corporal, a taxa de deposição de proteína, peso de órgãos (coração, fígado, intestino delgado e oviduto), comprimento de intestino delgado e oviduto, e morfometria intestinal de codornas japonesas aos 7, 14, 42 e 120 dias de idade;
- Identificar o efeito dos diferentes níveis de ThrD sobre a digestibilidade total de proteína de codornas japonesas dos 28 aos 35 dias de idade;
- Estudar o efeito residual dos diferentes níveis de ThrD fornecidos na recria (15 a 42 dias) sobre o período de produção (58 a 120 dias de idade), na qualidade de ovos, peso dos órgãos (coração, fígado, intestino delgado e oviduto) e comprimento de intestino delgado e oviduto de codornas japonesas em postura;
- Comparar o efeito dos diferentes níveis de ThrD sobre a produção e qualidade de ovos de codornas japonesas em postura (58 a 120 dias de idade);

III – Exigência de treonina digestível para codornas japonesas em crescimento¹

Resumo

Este trabalho objetivou estimar a exigência nutricional de treonina digestível (ThrD) para codornas japonesas nas fases de 1 a 7, 8 a 14 e 15 a 42 dias de idade (Experimentos I, II e III), avaliar o balanço de nitrogênio em função dos níveis crescentes de ThrD (Experimento IV) e ainda avaliar os efeitos dos níveis fornecidos na recria, na fase de postura (Experimento V). O delineamento adotado foi o inteiramente ao acaso, com cinco níveis de ThrD (0,58; 0,70; 0,82; 0,94 e 1,06%), cinco repetições e 30 codornas por unidade experimental (UE) (experimentos I, II e III), totalizando 2250 aves. No experimento IV foi utilizado as mesmas dietas e delineamento, porém em gaiolas de digestibilidade com cinco aves por UE, totalizando 125 aves dos 28 aos 35 dias de idade. E no experimento V, doze aves de cada UE da recria foram transferidas para gaiolas aos 42 dias de idade, e receberam uma dieta basal e foi avaliado o desempenho produtivo e qualidade de ovos em três ciclos produtivos de 21 dias cada. Não foi verificado efeito significativo sobre o desempenho, composição química corporal e peso relativo dos órgãos de codornas japonesas na fase de crescimento (Experimentos I, II e III). A morfometria do jejuno indicou comportamento linear crescente da relação vilo: cripta aos 7 e aos 14 dias de idade e uma linear decrescente para a profundidade de cripta aos 14 dias de idade. O balanço e o coeficiente de metabolizabilidade do nitrogênio não apresentaram efeitos significativos. Os níveis de ThrD fornecidos durante a fase de recria aumentaram de forma linear o peso corporal inicial e final das aves na fase de postura. As demais variáveis de desempenho, qualidade dos ovos e peso dos órgãos não foram significativas na fase de postura. Conclui-se que o nível de ThrD de 0,58% na dieta de crescimento proporciona crescimento adequado e desempenho satisfatório de codornas japonesas em postura.

Palavras-chave: aminoácidos, balanço de nitrogênio, efeito residual, morfometria intestinal

¹ Artigo redigido de acordo com as normas da Revista Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition

Digestible threonine requirement for growing Japanese quails

Summary

This work had as objective to estimate the nutritional requirement of digestible threonine (ThrD) for Japanese quails in the stages of 1 to 7, 8 to 14 and 15 to 42 days of age (Experiments I, II and III), to evaluate the nitrogen balance as a function of increasing ThrD levels (Experiment IV) and to evaluate the effects of the levels supplied in the rearing, in the posture phase (Experiment V). The design was a completely randomized design, with five levels of ThrD (0,58; 0,70; 0,82; 0,94 and 1,06%), five replicates and 30 quails per experimental unit (UE) (experiments I, II and III), totaling 2250 birds. In the experiment IV the same diets and design were used, however in digestibility cages with five birds per UE, totalizing 125 birds from 28 to 35 days of age. And in experiment V, twelve birds from each UE from rearing phase were transferred to cages at 42 days of age, where they received a basal diet and the productive performance and eggs quality were evaluated in three productive cycles of 21 days each. There was no significant effect on performance, body chemical composition and relative weight of Japanese quail organs in the growth phase (Experiments I, II e III). The jejunum morphometry of the indicated an increasing linear behavior of the villus: crypt relationship at 7 and 14 days of age and a linear decreasing of the crypt depth at 14 days of age. The nitrogen balance and metabolizable coefficient did not present significant effects. The ThrD levels fed during the rearing phase linearly increased the initial and final body weight of the birds in the laying phase. The other variables of performance, egg quality and organ weight were not significant in the laying phase. It is concluded that the ThrD level of 0.58% in the growth diet provides adequate growth and satisfactory performance of Japanese laying quails.

Key words: amino acids, intestinal morphometry, nitrogen balance, residual effect,

3.1. Introdução

A expansão da coturnicultura no Brasil, tem merecido destaque, por causa das novas tecnologias de produção (Leandro et al., 2005; Pastore et al., 2012). A maior parte dessa criação é destinada para a produção de ovos devido a maturidade sexual precoce dessas aves (35 a 40 dias), alta taxa de postura (em média 300 ovos/ave/ano), alta densidade de criação (320 a 400 aves/m²), longa vida produtiva, baixo investimento e rápido retorno do capital investido (Albino & Barreto, 2003).

As condições nutricionais estabelecidas durante o período de crescimento podem influenciar o desempenho das aves na fase de produção, porém, a maioria dos estudos com codornas têm sido conduzidos com o objetivo de determinar as exigências nutricionais das aves de postura na fase produtiva somente, sendo escassos os trabalhos direcionados para determinar as exigências na fase de crescimento (Pinto et al., 2003), que é tão importante quanto, pois é justamente sobre o fator alimentação que recai a maior parcela dos gastos de produção, direcionados, em grande parte, aos alimentos proteicos da ração (Umigi et al., 2007). Além de que os resultados de desempenho no período de postura, têm influência direta com o período de cria e recria.

A treonina é considerada o terceiro aminoácido limitante para aves, sendo de grande importância no metabolismo de manutenção desses animais por estar envolvido com a síntese de proteína muscular (Sá et al., 2007), na composição das penas, participando em 4 a 5% de seu conteúdo de proteína bruta (Kidd, 2001), e ajudando também na formação do colágeno e da elastina.

Além das funções acima citadas, a treonina atua também na resposta imune das aves, fazendo parte das moléculas de imunoglobulinas (Ojano-Dirain & Waldroup, 2002), que atuam diretamente na integridade, manutenção e desenvolvimento do intestino, em que grande parte da treonina ingerida pelos animais é utilizada (Burrin et al., 2001). Vários estudos indicam que a treonina, quando em deficiência no organismo, reduz o consumo alimentar (Neto, 2010), causando prejuízos na resposta produtiva de aves de postura.

A L-treonina pura é 100% digestível e pode ser facilmente encontrada no mercado, oferecendo maior flexibilidade na formulação de dietas. Sua suplementação permite menor inclusão de alimentos proteicos, acarretando menor excreção de nitrogênio e poluição ambiental (Umigi et al., 2007).

É essencial que se conheça o requerimento de treonina digestível das codornas em cada uma das fases para uma adequada suplementação, porém, existem controvérsias em

relação às atuais exigências de treonina digestível para codornas japonesas em crescimento. O NRC (1994), recomenda 1,02% de treonina na fase de crescimento, mesmo valor encontrado por Kaur et al. (2008), ao avaliar o efeito da treonina sobre o desempenho de codornas japonesas em crescimento de 0 a 5 semanas, e também por Young et al. (1978). Samuel et al., (2017), verificaram que o peso do primeiro ovo foi maior em codornas que receberam 1,08% de treonina total de 2 a 6 semanas de idade. Silva e Costa (2009), dividem a exigência de 1 a 21 e de 22 a 42 dias de idade, sendo a recomendação de treonina digestível de 0,87% e 0,82% respectivamente. Já nas Tabelas Brasileiras (Rostagno et al., 2017), é recomendado 0,733% de treonina digestível para codornas japonesas em fase de cria e 0,734% para recria.

Diante desses aspectos, o objetivo deste trabalho foi determinar a exigência nutricional de treonina digestível para codornas japonesas em fase de cria e recria, visando o máximo desempenho zootécnico e verificar seus efeitos sobre o peso de órgãos, composição química corporal, morfometria intestinal, balanço de nitrogênio e também o efeito residual dos níveis de treonina digestível fornecidos na recria na fase de postura.

3.2. Material e métodos

Todos os procedimentos adotados foram previamente aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Estadual de Maringá (UEM) (Protocolo nº 4235140917/2017). Todos os experimentos foram realizados no setor de Coturnicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), pertencente a UEM.

Este estudo foi realizado entre os meses de abril e agosto e foi dividido em 2 etapas, sendo que a primeira etapa consistiu na realização de quatro experimentos para a determinação da exigência nutricional de ThrD para codornas japonesas em crescimento, em que o experimento I foi de 1 a 7 dias de idade, o II de 8 a 14 dias de idade, o III de 15 a 42 dias de idade e o IV foi um ensaio de digestibilidade dos 28 aos 35 dias de idade. E a segunda etapa foi avaliar o efeito dos tratamentos fornecidos na fase de recria (experimento III) no desempenho produtivo e qualidade dos ovos dessas aves no início da fase de postura (experimento V).

Experimentos I, II e III – Exigência nutricional de treonina digestível nas fases de cria e recria

3.2.1. Animais, instalações e manejo

Foi utilizado o total de 2250 codornas fêmeas de um dia de idade (750 aves em cada experimento), obtidas de um criatório comercial (linhagem Vicami®, Assis-SP), e criadas em boxes de 2,5 m² em um galpão convencional, com cama de palha de arroz e paredes laterais de alvenaria com 0,50 m de altura, completadas com tela de arame até o telhado, providas de cortinas laterais móveis.

As codornas utilizadas para a determinação das exigências nutricionais de treonina digestível de 1 a 7 dias foram alojadas de acordo com o delineamento experimental adotado, e as codornas submetidas aos tratamentos no período de 8 a 14 dias foram alojadas e criadas separadamente, assim como as aves utilizadas para a determinação das exigências nutricionais de treonina digestível de 15 a 42 dias, a fim de se evitar possíveis efeitos residuais dos tratamentos do período avaliado anteriormente.

Água e ração foram fornecidos à vontade durante todo o período experimental, em comedouros do tipo bandeja e bebedouros infantis até os 10 dias de idade, sendo substituídos por comedouros tubulares e bebedouros automáticos pendulares até os 42 dias. Até os 14 dias de idade foram utilizados círculos de proteção nos boxes para evitar oscilações de temperatura e a incidência de vento sobre os animais, e campânulas elétricas com lâmpadas de secagem infravermelha (250 W) ligadas o dia todo como fonte de aquecimento. Durante todo o período experimental foi fornecido somente iluminação natural.

Na fase de crescimento, o controle de temperatura (média: 26,32°C; mínima: 22,30°C e máxima: 30,15°C) e umidade relativa do ar (média 72,60%; mínima: 58,88% e máxima: 84,48%) foi registrado duas vezes ao dia: no início da manhã e no final da tarde, por meio de termohigrômetros de bulbo seco de máxima e mínima, localizados em três pontos do galpão.

3.2.2. Delineamento experimental e dietas

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso com cinco tratamentos e cinco repetições, totalizando 25 unidades experimentais. Os tratamentos consistiram de cinco níveis de ThrD (0,58; 0,70; 0,82; 0,94 e 1,06%) para os três experimentos (Tabela

1). Em cada experimento realizado foram alojadas 30 aves por UE, totalizando 750 aves por experimento.

Tabela 1 Composição centesimal e calculada das rações experimentais para codornas japonesas nas fases de cria e recria

Ingredientes (%)	Níveis de Treonina digestível (%)				
	0,58	0,70	0,82	0,94	1,06
Milho grão 8,52%	66,37	66,37	66,37	66,37	66,37
Farelo de Soja 46,61%	26,14	26,14	26,14	26,14	26,14
Inerte ¹	2,09	2,12	2,15	2,19	2,22
Foscálcio	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76
Calcário	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12
L-Ácido glutâmico	0,67	0,50	0,34	0,17	0,00
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 78%	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Óleo de Soja	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08
DL- Metionina 99%	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
L-Valina 100%	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
L-Arginina 100%	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
L-Isoleucina 100%	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
L-Triptofano 99%	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
BHT ³	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
L-Treonina 99%	0,00	0,12	0,24	0,37	0,49
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada					
EM ⁴ (Mcal/Kg)	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900
Proteína Bruta (%)	19,12	19,12	19,12	19,12	19,12
Cálcio (%)	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Fósforo (%)	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Lisina digestível (%)	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12
Met.+cist digestível (%)	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
Treonina digestível (%)	0,58	0,70	0,82	0,94	1,06
Triptofano digestível (%)	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Isoleucina digestível (%)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Valina digestível (%)	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Arginina digestível (%)	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19
Sódio (%)	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Cloro (%)	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Potássio (%)	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
Número de Mogin (mEq/kg)	166,50	166,50	166,50	166,50	166,50

¹Areia lavada; ²Suplemento vitamínico e mineral – Níveis de garantia por kg de ração: Vit. A – 18.000 UI; Vit. D3 – 5.000 UI; Vit. E – 16 mg; Vit. B1 – 1,112 mg; Vit. B2 – 8 mg; Vit. B6 – 2,100 mg; Vit. B12 – 20 mcg; Vit. K3 – 4,028 mg; Pantotenato de Cálcio – 16 mg; Niacina – 40 mg; Colina – 560 mg; Antioxidante (Butil Hidroxi Tolueno – BHT) – 20 mg; Zinco – 126 mg; Ferro – 98 mg; Manganês – 155 mg; Cobre – 30,624 mg; Cobalto – 0,4 mg; Iodo – 1,936 mg; Selênio – 0,508 mg; Veículo Q.S.P. (Caulin) – 4 g; ³BHT (Butil Hidroxi Tolueno); ⁴EM: energia metabolizável

As rações foram formuladas considerando as recomendações das exigências nutricionais e os valores de composição química dos alimentos propostos por Rostagno et al. (2011), exceto para o perfil de aminoácidos do milho e do farelo de soja, que foram previamente determinados via NIR pela Evonik Nutrição animal (Guarulhos, Brasil). Os tratamentos foram suplementados com os aminoácidos industriais L-Lisina, DL-Metionina, L-Triptofano, L-Isoleucina e L-Valina e L-Arginina de forma a atender as exigências nutricionais para codornas japonesas em postura, exceto para treonina.

O L-Ácido Glutâmico foi utilizado nas rações experimentais para torná-las isoproteicas. O nível dietético do óleo de soja e do inerte foi acrescido em substituição ao L-Ácido Glutâmico que foi modificado com o aumento dos níveis de treonina nas rações experimentais, de forma a tornar as rações isoproteicas e isoenergéticas.

Nos três experimentos, as codornas receberam as mesmas rações experimentais, porém, para as codornas utilizadas no experimento II (8 a 14 dias de idade), foi ofertada uma dieta à base de milho e farelo de soja até os 7 dias de idade, e para as codornas utilizadas no experimento III (15 a 42 dias de idade), foi ofertada a mesma dieta basal até os 14 dias de idade. Essa dieta basal foi formulada de acordo com as recomendações das exigências nutricionais e os valores de composição química dos alimentos propostos por Rostagno et al. (2011), exceto para o perfil de aminoácidos do milho e do farelo de soja, que foram previamente determinados via NIR pela Evonik Nutrição animal (Guarulhos, Brasil)

3.2.3 Parâmetros avaliados

Desempenho

As codornas e as rações foram pesadas no início e ao final de cada fase experimental para avaliação das características de desempenho: peso médio final (g), ganho de peso (g), consumo de ração (g) e conversão alimentar (g/g). As aves mortas foram contabilizadas diariamente para correção do consumo de ração, de acordo com Sakomura e Rostagno (2016).

Composição química, taxa de deposição de proteína e de gordura e energia retida na carcaça

A composição química corporal foi determinada ao final de cada fase experimental. Aos 7, 14 e 42 dias de idade, foram selecionadas, respectivamente, oito, quatro e duas aves

por UE (de acordo com o peso médio – $\pm 5\%$); as aves foram sacrificadas, congeladas (com penas, vísceras, pés e cabeça) e posteriormente descongeladas, pesadas, pré-moídas em moinho industrial e homogeneizadas para desidratação em liofilizador (Christ Alpha 1-4 LD plus, Marin Christ, Germany). Em seguida, foram moídas novamente e conduzidas ao Laboratório de Nutrição Animal (LANA) do Departamento de Zootecnia para as análises de composição química. De acordo com as metodologias descritas por AOAC (2005), foram determinados os teores de matéria seca (925-09), matéria mineral (923-03), proteína bruta (920-87) e extrato etéreo (920-85) das carcaças.

A partir dos dados obtidos por meio da análise de composição química corporal das aves, aos 7, 14 e aos 42 dias de idade, e de um grupo adicional de 40 codornas abatidas ao nascimento, foi possível determinar a taxa de deposição de proteína (TDP) e de gordura (TDG) corporal (g/dia) utilizando a metodologia adaptada de Fraga et al. (2008), em que $TDP = (QP_{cf} - QP_{ci})/PE$ e $TDG = (QG_{cf} - QG_{ci})/PE$; em que: QP_{cf} e QG_{cf} são, respectivamente, a quantidade, em gramas, de proteína e gordura na carcaça final; QP_{ci} e QG_{ci} são, respectivamente, a quantidade, em gramas, de proteína e gordura na carcaça inicial e PE representa o período experimental em dias.

A partir dos valores obtidos para a TDP e a TDG procedeu-se ao cálculo da energia retida na carcaça (ERC), de acordo com a equação proposta por Sakomura (2004), em que $ERC = (5,66 \times TDP) + (9,37 \times TDG)$, sendo que 5,66 e 9,37 representam, respectivamente, os valores energéticos (em kcal g) da proteína e da gordura.

Peso relativo de órgãos e comprimento de intestino delgado

Duas aves por UE foram selecionadas (de acordo com o peso médio – $\pm 5\%$), aos 7, 14 e aos 42 dias de idade, sacrificadas, sangradas e evisceradas por meio de corte abdominal para a extração do coração, fígado e intestino delgado, os quais foram pesados em balança de precisão para posterior obtenção de seus pesos relativos, calculados como segue: peso relativo do órgão = (Peso do órgão (g)/ Peso da ave viva (g)) x 100. Adicionalmente foi mensurado o comprimento do intestino delgado (cm) usando fita métrica.

Morfometria intestinal

Após a medida do intestino delgado ser feita, foi coletado um fragmento de 2 cm do jejuno, sendo considerado a partir da porção distal da alça duodenal até o divertículo vitelínico. As amostras foram lavadas com solução fisiológica (4°C), e acondicionadas em ependorfes contendo solução de formalina tamponado (10%), para fixação dos tecidos

até a realização da análise. Os fragmentos foram desidratados em uma série de concentrações crescentes de álcoois, diafanizados em xilol e incluídos em parafina (Luna, 1968). Foram feitos cortes histológicos, através de um micrótomo rotativo (Leica-RM 2245), com cinco micrômetros de espessura, semisseriesados e transversais, até obter cinco cortes por lâmina sendo depois corados pelo método de periodic acid Schiff (PAS).

A captura de imagens para análise morfométrica foi realizada através de uma câmera digital de alta resolução (Moticam 2500 – 5.0M pixel), acoplada ao microscópio MOTIC BA400 e o analisador de imagem computadorizado MOTIC IMAGE PLUS 2.0. Foram efetuadas 40 medidas (20 medidas para altura de vilos e 20 para profundidade de cripta) por segmento. As alturas dos vilos foram medidas a partir da região basal do vilos, coincidente com a porção superior das criptas, até seu ápice. As criptas foram medidas da sua base até a região de transição cripta: vilos.

Experimento IV – Digestibilidade total

3.2.4. Animais, instalações e manejo

Para a realização do balanço de nitrogênio e do coeficiente de metabolizabilidade do nitrogênio foram utilizadas 125 aves, com 28 dias de idade, as quais foram retiradas das respectivas unidades experimentais do experimento III e, alojados em gaiolas de arame galvanizado (20 cm de largura x 33 cm de profundidade x 25 cm de altura). Foi fornecido ração e água a vontade em bebedouro tipo nipple e comedouro individual tipo calha. As gaiolas possuíam bandeja metálica individual, forrada por plástico, para coleta das excretas. O programa de iluminação utilizado foi por meio de luz natural, com fotoperíodo médio de onze horas diárias de luz.

3.2.5. Delineamento experimental e dietas

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, com cinco níveis de ThrD (0,58; 0,70; 0,82; 0,94 e 1,06%), com cinco repetições e, cinco aves por UE. Foram fornecidas, de acordo com os tratamentos, as mesmas rações experimentais utilizadas no experimento III, as quais foram pesadas no início e no final do período experimental (Tabela 1). Foi utilizado o óxido férrico (2%) na ração como marcador do início e do final da coleta. O período experimental teve duração de oito dias, sendo três dias para adaptação das aves nas gaiolas e cinco dias de coleta das excretas que foi realizada no período da manhã e da tarde.

3.2.6. Parâmetros avaliados

Balanco de nitrogênio e coeficiente de metabolizabilidade do nitrogênio

As excretas foram acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificadas por repetição e armazenadas em congelador após cada coleta. No final do período experimental, foram descongeladas, homogeneizadas, pesadas e mantidas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, para a determinação da pré-secagem. Após a pré-secagem, foram moídas em moinho tipo martelo e encaminhadas para a quantificação do teor de nitrogênio no Laboratório de Nutrição e Alimentação Animal (LANA) pertencente ao Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá. Os teores de nitrogênio das rações experimentais e das excretas foram obtidos pelo método de Kjeldahl, segundo Silva e Queiróz (2004).

Foi calculado o balanço de nitrogênio (g/dia), pela diferença entre o consumo de nitrogênio e a excreção de nitrogênio, determinando assim a retenção de nitrogênio: $BN = (N \text{ ingerido} - N \text{ excretado}) / \text{período}$

O coeficiente de metabolizabilidade (%) do nitrogênio das rações experimentais foi determinado segundo a fórmula: $CM = (N \text{ ingerido} - N \text{ excretado}) / N \text{ ingerido} \times 100$

Experimento V – Efeito dos diferentes níveis de treonina digestível na fase de recria de codornas japonesas sobre os índices de desempenho, qualidade de ovos e peso relativo dos órgãos na fase de postura

3.2.7. Animais, instalações e manejo

O período experimental foi de 42 a 120 dias de idade, sendo que as aves foram criadas do 15º ao 42º dia de idade de acordo com as especificações do Experimento III, e aos 42 dias de idade, foram transferidas 12 aves de cada UE (selecionadas de acordo com o peso médio $\pm 10\%$) para o galpão de postura, tipo convencional, paredes laterais de alvenaria com 0,50 m de altura, completadas com tela de arame até o telhado e cortinas laterais móveis, contendo gaiolas de arame galvanizado, dispondo de bebedouros tipo *nipple* e de comedouro tipo calha, durante todo o período experimental (11 semanas).

A água e a ração foram fornecidas à vontade, no entanto, o fornecimento de ração foi realizado uma vez ao dia no intuito de evitar o desperdício. A temperatura (média: 20,13°C; mínima: 15,94°C e máxima: 25,67°C) e a umidade relativa do ar (média: 79,63%; mínima: 61,47% e máxima: 89,05%) foram registradas sempre no período da

manhã, por intermédio de termohigrômetros de bulbo seco de máxima e mínima, localizados em três pontos do galpão.

No momento da transferência das codornas para o galpão de postura, o fotoperíodo adotado iniciou com 14 horas de luz (natural + artificial) e foram adicionados semanalmente 30 minutos até atingir 17 horas de luz natural + artificial, sendo controlado com o auxílio de relógio automático (*timmer*). A intensidade luminosa utilizada foi de 21 lumens.m².

3.2.8. *Delineamento experimental e dietas*

As aves transferidas para o galpão de postura foram alojadas de acordo com as unidades experimentais que pertenciam na fase de recria, seguindo o delineamento inteiramente ao acaso com 5 tratamentos e 5 repetições contendo 12 codornas por UE, totalizando 300 aves.

Para todas as aves, foi ofertada apenas uma dieta basal (Tabela 2), a fim de verificar o efeito residual dos tratamentos a que as aves foram submetidas na fase de recria. Esta dieta foi formulada considerando as recomendações das exigências nutricionais e os valores de composição química dos alimentos propostos por Rostagno et al. (2017), exceto para o perfil de aminoácidos do milho e do farelo de soja, que foram previamente determinados via NIR pela Evonik Nutrição animal (Guarulhos, Brasil).

Tabela 2 Composição centesimal e calculada da ração basal para codornas japonesas em fase de postura

Ingredientes (%)	Quantidade (kg)
Milho grão (8,52%)	60,08
Farelo de Soja (46,61%)	28,68
Foscálcio	1,53
Calcário	7,23
Óleo de soja	0,99
Suplemento vitamínico e mineral ¹	0,40
Sal comum	0,35
DL-Metionina 99%	0,39
L-Treonina 99%	0,07
L-Lisina HCL 78%	0,23
L-Triptofano 99%	0,04
BHT ²	0,01
Total	100,00
Composição calculada	
Energia Metabolizável, (Kcal/Kg)	2800
Proteína Bruta (%)	19,00
Cálcio (%)	3,16
Fósforo (%)	0,33
Lisina digestível (%)	1,11
Met.+cist digestível (%)	0,91
Treonina digestível (%)	0,79
Triptofano digestível (%)	0,23
Sódio (%)	0,16
Cloro (%)	0,26
Potássio (%)	0,70
Ácido Linoleico	1,40
Número de Mogin (mEq/kg)	173,88

¹Níveis de garantia por kg de ração: Vit. A – 18.000 UI; Vit. D3 – 5.000 UI; Vit. E – 16 mg; Vit. B1 – 1,112 mg; Vit. B2 – 8 mg; Vit. B6 – 2,100 mg; Vit. B12 – 20 mcg; Vit. K3 – 4,028 mg; Pantotenato de Cálcio – 16 mg; Niacina – 40 mg; Colina – 560 mg; Antioxidante (Butil Hidroxi Tolueno – BHT) – 20 mg; Zinco – 126 mg; Ferro – 98 mg; Manganês – 155 mg; Cobre – 30,624 mg; Cobalto – 0,4 mg; Iodo – 1,936 mg; Selênio – 0,508 mg; Veículo Q.S.P. (Caulin) – 4 g; ²BHT (Butil Hidroxi Tolueno).

3.2.9. Parâmetros avaliados

Desempenho

As aves foram avaliadas durante três ciclos de produção, que compreendiam 21 dias cada. O primeiro ciclo foi iniciado aos 58 dias de idade, a fim de se obter produção suficiente para as análises de qualidade dos ovos, porém o controle de postura foi feito desde os 42 dias. As aves mortas foram contabilizadas diariamente para correção do consumo de ração. A colheita de ovos foi realizada diariamente (8h:00), com o objetivo de identificar a idade ao primeiro ovo (dias) e calcular a taxa de postura (%) e a produção de massa de

ovos (g ovos ave dia), contabilizando todos os ovos produzidos incluindo os quebrados, trincados, anormais e de casca mole.

A taxa de postura foi considerada como sendo o produto da divisão do número de ovos produzidos pelo total de aves da UE, dada por: Taxa de postura (%) = (número de ovos produzidos / número de aves alojadas) x 100.

A massa de ovos é obtida pela multiplicação da produção de ovos pelo peso médio dos ovos, de acordo com a equação: Massa de ovos (g ovos ave dia) = (peso médio dos ovos (g) x número de ovos produzidos) / número de aves alojadas.

As codornas e as rações foram pesadas ao final de cada ciclo para determinação do respectivo peso corporal (g) e do consumo de ração (g), além do cálculo da conversão alimentar por kg de ovos – CAKG (kg kg de ovos), que expressa a relação entre o consumo de ração e a produção de ovos em peso, sendo calculada pela equação: CAKG (kg kg de ovos) = consumo de ração (kg) / peso dos ovos (kg). E também a conversão alimentar por dúzia de ovos – CADZ (kg dz de ovos), que expressa a relação entre o consumo de ração e a produção de ovos em dúzias, sendo calculada pela equação: CADZ (kg dz de ovos) = consumo de ração (kg) / dúzia de ovos.

Qualidade interna e externa dos ovos

Nos três últimos dias de cada ciclo, foram realizadas as análises de qualidade interna e externa dos ovos, além da determinação do peso médio destes e, para isso, apenas os ovos vendáveis foram utilizados. As características avaliadas foram: peso médio dos ovos (g), gravidade específica (g/ml), índice de gema, % de casca, % de gema, % de albúmen, peso de casca por superfície de área e espessura da casca (mm).

Entre as medidas de qualidade, a gravidade específica foi obtida através do método de imersão de todos os ovos em diferentes concentrações de solução salina (densímetro de Baumé variando 0,005 g mL desde 1,060 a 1,090 g mL) de acordo com a metodologia descrita por Hamilton (1982).

Para as análises de qualidade interna, três ovos foram selecionados de acordo com o peso médio da UE, identificados e pesados individualmente. Após a pesagem, foram quebrados para a determinação da altura (mm) e do diâmetro (mm) da gema e do albúmen utilizando paquímetro digital (Digimess, com precisão de 0,02 mm).

A determinação da altura da gema foi realizada no seu ponto mais alto e para a altura do albúmen, a medida foi realizada na região mais próxima à gema. O diâmetro foi obtido pela média de duas mensurações transversais tanto da gema quanto do albúmen.

Posteriormente, por meio destes dados foi possível determinar o índice de gema (IG), dado por: $IG = (\text{altura de gema (mm)} / \text{diâmetro de gema (mm)}) \times 100$ e a Unidade Haugh (UH), calculada de acordo com Card e Nesheim (1966), considerando a altura do albúmen (A) e o peso do ovo (PO): $UH = 100 \log (A + 7,57 - 1,7 \times PO^{0,37})$.

Posteriormente, a gema e o albúmen foram separados para a pesagem da gema em balança de precisão, e o peso do albúmen foi obtido subtraindo-se do peso do ovo, os pesos da gema e da casca. Os dados de peso permitiram quantificar as porcentagens de gema, albúmen e casca em relação ao peso do ovo, de acordo com a equação: % do componente = (peso do componente (g) / peso do ovo (g)) x 100.

Após a secção do ovo, as cascas foram lavadas, secas e armazenadas em temperatura ambiente para determinação posterior do peso (em balança de precisão) e da espessura (mm). As medidas de espessura foram realizadas em quatro pontos distintos na região equatorial, empregando medidor de espessura (Mitutoyo®, modelo 700-118 “Quick Mini”). Além disso, foi determinado o peso da casca por unidade de superfície de área (PCSA), calculado e utilizando a fórmula adaptada por Rodrigues et al. (1996), em que: $PCSA = (\text{peso da casca (g)} / 3,9782 \times \text{peso do ovo (g)}) \times 100$.

Peso relativo de órgãos e comprimento de intestino delgado e oviduto

Duas aves por UE foram sacrificadas, aos 120 dias de idade, de acordo com as normas da Comissão de Ética no Uso de Animais, e evisceradas por meio de corte abdominal para a extração do coração, fígado, intestino delgado e oviduto, os quais foram pesados em balança de precisão para posterior obtenção de seus pesos relativos, calculados como segue: $\text{Peso relativo do órgão} = (\text{Peso do órgão (g)} / \text{Peso da ave (g)}) \times 100$. Adicionalmente foi feita a mensuração do comprimento do intestino delgado e do oviduto usando fita métrica.

3.2.10. Análise estatística

A análise estatística dos dados, para os experimentos I, II, III, IV e V foi realizada utilizando o PROC GLM do programa computacional SAS (2009). Para o teste dos efeitos dos tratamentos, foi adotado o modelo descrito abaixo, e em seguida, foi verificado o atendimento da normalidade dos resíduos pelo teste de normalidade (Shapiro-Wilk).

$$Y_{ik} = \beta_0 + \beta_i + \epsilon_{ik}$$

em que:

Y_{ik} = variável medida na unidade experimental k, alimentada com dieta contendo o nível i de treonina digestível;

β_0 = constante geral;

β_i = efeito da treonina digestível;

ϵ_{ik} = erro aleatório associado a cada observação.

Foram realizadas as análises de regressão dos níveis de ThrD e as estimativas das exigências nutricionais foram determinadas através do modelo quadrático de acordo com Sakomura e Rostagno (2017).

3.3. Resultados

Experimentos I, II e III

Os níveis de ThrD das rações aumentaram de forma linear o consumo de treonina nos experimentos de 1 a 7, 8 a 14 e 15 a 35 dias de idade (Tabela 3), sem apresentar efeito sobre os outros parâmetros de desempenho.

Tabela 3 Desempenho médio de codornas japonesas, aos 7, 14 e 42 dias de idade, em função dos níveis de treonina digestível

Variáveis	Níveis de treonina digestível (%)					EPM	Efeito	P-valor
	0,58	0,70	0,82	0,94	1,06			
1 a 7 dias de idade								
PC (g)	23.02	21.90	22.72	21.71	22.58	0.111	NS	0.2562
GP (g)	16.31	15.21	16.04	14.98	15.84	0.112	NS	0.2444
CR (g/ave)	32.09	32.19	31.10	30.17	30.67	0.176	NS	0.3277
CA (g/g)	1.96	2.12	1.94	2.01	1.94	0.015	NS	0.4052
CThr (g/ave)	0.19	0.23	0.26	0.28	0.33	0.011	L	<.0001
8 a 14 dias de idade								
PC (g)	44.16	45.12	43.77	44.10	44.01	0.092	NS	0.8186
GP (g)	21.24	21.98	21.43	21.58	21.73	0.050	NS	0.9015
CR (g/ave)	53.05	54.84	50.84	52.66	50.54	0.314	NS	0.3265
CA (g/g)	2.50	2.49	2.38	2.44	2.33	0.013	NS	0.1331
CThr (g/ave)	0.31	0.38	0.42	0.50	0.54	0.016	L	<.0001
15 a 42 dias de idade								
PC (g)	122.62	127.25	124.08	126.90	127.27	0.384	NS	0.0565
GP (g)	99.70	104.11	101.74	104.38	104.99	0.396	NS	0.3717
CR (g/ave)	425.70	416.14	416.39	428.72	409.74	1.384	NS	0.7078
CA (g/g)	4.27	4.00	4.09	4.11	3.90	0.024	NS	0.0783
CThr (g/ave)	2.47	2.91	3.41	4.03	4.34	0.138	L	<.0001
Equações de Regressão					R ²	Estimativa ThrD (%)		
CThr (1 a 7 dias) = 0.036 + 0.252TD					0.89	-		
CThr (8 a 14 dias) = -0.029 + 0.651TD					0.91	-		
CThr (15 a 42 dias) = -0.361 + 5.254TD					0.97	-		

EPM: erro padrão da média; PC: peso corporal; GP: ganho de peso; CR: consumo de ração; CA: conversão alimentar; CThr: consumo de treonina; NS: não significativo.

Dentre as variáveis de composição química corporal, TDP, TDG e ERC, nenhuma apresentou efeito significativo para os experimentos de 1 a 7, 8 a 14 e 15 a 35 dias de idade (Tabela 4).

Tabela 4 Composição química corporal¹, taxa de deposição de proteína e de gordura e energia retida na carcaça de codornas japonesas, aos 7, 14 e 42 dias de idade, em função dos níveis de treonina digestível

Variáveis	Níveis de treonina digestível (%)					EPM	Efeito	P-valor
	0,58	0,70	0,82	0,94	1,06			
1 a 7 dias de idade								
PB (%)	60.26	55.88	60.42	59.24	56.51	0.510	NS	0.8172
EE (%)	27.02	27.09	27.14	27.78	25.08	0.253	NS	0.6926
MM (%)	7.30	7.53	7.72	7.11	7.47	0.056	NS	0.9870
TDP (g dia)	1.33	1.06	1.23	1.18	1.14	0.024	NS	0.3800
TDG (g dia)	0.71	0.66	0.67	0.68	0.54	0.015	NS	0.3370
ERC (kcal g)	14.20	12.18	13.19	13.05	11.55	0.242	NS	0.4075
8 a 14 dias de idade								
PB (%)	66.24	64.46	69.37	63.23	66.51	0.478	NS	0.9952
EE (%)	21.17	20.99	21.32	21.14	20.38	0.078	NS	0.9031
MM (%)	7.95	8.11	8.40	7.37	7.92	0.078	NS	0.7079
TDP (g dia)	1.76	1.73	1.83	1.66	1.74	0.012	NS	0.6602
TDG (g dia)	0.57	0.58	0.57	0.57	0.55	0.003	NS	0.8581
ERC (kcal g)	15.34	15.27	15.73	14.99	14.73	0.079	NS	0.6464
15 a 42 dias de idade								
PB (%)	68.52	63.05	66.67	67.25	61.86	0.572	NS	0.4539
EE (%)	11.99	9.32	12.21	12.33	10.56	0.261	NS	0.9592
MM (%)	6.57	6.39	8.26	6.25	5.72	0.192	NS	0.2322
TDP (g dia)	1.89	1.77	1.85	1.92	1.78	0.013	NS	0.8871
TDG (g dia)	0.32	0.25	0.33	0.36	0.29	0.008	NS	0.9888
ERC (kcal g)	13.66	12.34	13.52	14.58	12.79	0.172	NS	0.9295

¹Dados apresentados com base na matéria seca; EPM: erro padrão da média; MM: matéria mineral; PB: proteína bruta; TDP: taxa de deposição de proteína; EE: extrato etéreo; TDG: taxa de deposição de gordura; NS: não significativo.

Para os pesos relativos dos órgãos e comprimento do intestino delgado, não foi observado efeito significativo sobre qualquer variável nas três fases avaliadas (Tabela 5).

Tabela 5 Peso relativo de órgãos e comprimento de intestino delgado de codornas japonesas, aos 7, 14 e 42 dias de idade, em função dos níveis de treonina digestível

Variáveis	Níveis de treonina digestível (%)					EPM	Efeito	P-valor
	0.58	0.70	0.82	0.94	1.06			
7 dias de idade								
Coração (%)	1.17	1.27	1.22	1.21	1.18	0.100	NS	0.3350
Fígado (%)	5.16	5.09	5.75	5.26	4.70	0.031	NS	0.2333
Intestino (%)	4.02	4.40	3.92	3.85	4.21	0.027	NS	0.9105
Intestino (cm)	28.70	29.94	27.47	29.40	28.96	0.120	NS	0.9470
14 dias de idade								
Coração (%)	0.96	0.91	0.95	0.92	0.94	0.004	NS	0.1026
Fígado (%)	3.76	3.82	3.64	3.77	3.79	0.013	NS	0.9597
Intestino (%)	3.41	3.43	3.54	3.53	3.44	0.011	NS	0.8715
Intestino (cm)	40.98	40.16	40.45	37.87	38.05	0.219	NS	0.1032
42 dias de idade								
Coração (%)	1.22	1.20	1.23	1.30	1.34	0.053	NS	0.2656
Fígado (%)	2.78	2.71	3.09	2.35	2.58	0.012	NS	0.5627
Intestino (%)	2.32	2.38	2.37	2.19	2.20	0.017	NS	0.5520
Intestino (cm)	46.38	48.48	49.06	50.44	50.70	0.324	NS	0.2228

EPM: erro padrão da média; NS: não significativo.

Os dados obtidos para a morfometria do jejuno (Tabela 6) indicaram um comportamento linear crescente da relação vilo: cripta aos 7 e aos 14 dias de idade e uma linear decrescente para a profundidade de cripta aos 14 dias de idade. Já aos 42 dias de idades, nenhuma das variáveis apresentaram influência pelos níveis de ThrD da dieta.

Tabela 6 Altura de vilão, profundidade de cripta e relação altura de vilão: profundidade de cripta do jejuno de codornas japonesas, aos 7, 14 e 42 dias de idade, em função dos níveis de treonina digestível

Variáveis	Níveis de treonina digestível (%)					EPM	Efeito	P-valor
	0.58	0.70	0.82	0.94	1.06			
7 dias de idade								
VILO (μm)	300.31	334.54	309.25	339.83	369.88	1.884	NS	0.5102
CRIPTA (μm)	46.13	48.39	41.55	44.94	42.22	0.195	NS	0.0865
V/C	6.57	6.74	7.05	7.52	8.90	0.063	L	<.0001
14 dias de idade								
VILO (μm)	302.72	302.20	301.48	321.30	306.75	0.626	NS	0.2466
CRIPTA (μm)	51.79	51.20	50.90	50.62	43.77	0.249	L	0.0003
V/C	5.71	5.78	6.12	6.31	6.77	0.033	L	<.0001
42 dias de idade								
VILO (μm)	344.53	373.22	374.04	357.32	357.54	1.163	NS	0.1821
CRIPTA (μm)	42.64	43.33	45.70	45.53	47.53	0.171	NS	0.0619
V/C	7.66	8.75	8.27	8.30	7.87	0.038	NS	0.2675
Equações de Regressão					R ²	Estimativa ThrD (%)		
V/C (7 dias) = 4.472 + 3.383TD					0.51	-		
CRIPTA (14 dias) = 59.364 -12.303TD					0.63	-		
V/C (14 dias) = 4.288 + 2.238TD					0.43	-		

TD: treonina digestível; EPM: erro padrão da média; VILO: altura de vilão; CRIPTA: profundidade de cripta; V/C: relação vilão/cripta; L: efeito linear; NS: não significativo.

Experimento IV

O balanço de nitrogênio e o coeficiente de metabolizabilidade do nitrogênio avaliados dos 28 aos 35 dias de idade, não apresentaram efeitos significativos em função do aumento dos níveis de ThrD (Tabela 7).

Tabela 7 Valores médios do balanço de nitrogênio e coeficiente de metabolizabilidade de codornas japonesas dos 28 aos 35 dias de idade em função dos níveis de treonina digestível

Variáveis	Níveis de treonina digestível (%)					EPM	Efeito	P-valor
	0.58	0.70	0.82	0.94	1.06			
BN (g dia)	0.93	0.97	0.88	1.00	0.93	0.008	NS	0.9770
CM (%)	37.13	40.47	36.72	41.44	37.25	0.399	NS	0.8433

EPM: erro padrão da média; BN: balanço de nitrogênio; CM: coeficiente de metabolizabilidade; NS: não significativo.

Experimento V

Os níveis de ThrD fornecidos durante a fase de recria aumentaram de forma linear o peso corporal inicial e final das aves na fase de postura. As demais variáveis de desempenho não foram significativas (Tabela 8).

Tabela 8 Desempenho médio de codornas japonesas, na fase de postura, em função dos níveis de treonina digestível fornecidos na fase de recria

Variáveis	Níveis de treonina digestível (%)					EPM	Efeito	P-valor
	0.58	0.7	0.82	0.94	1.06			
PCi (g)	148.00	150.52	151.11	152.50	154.27	0.479	L	0.0009
PCf (g)	170.35	173.06	171.39	175.74	178.23	0.700	L	0.0125
CR (g)	27.85	28.78	26.12	27.79	28.94	0.272	NS	0.2043
TXP (%)	81.86	80.9	82.84	82.22	86.34	0.506	NS	0.3752
CAKG (kg/kg de ovos)	3.33	3.48	3.22	3.39	3.18	0.029	NS	0.7524
CADZ (kg/dz de ovos)	0.42	0.45	0.4	0.43	0.41	0.005	NS	0.7754
MO (g ovos/ave/dia)	10.25	9.16	9.51	9.69	9.71	0.079	NS	0.1470
IPO (dias)	54.40	56.40	56.00	54.80	55.20	0.166	NS	0.7169
Equações de Regressão			R ²		Estimativa ThrD (%)			
PCi = 141.200 + 12.300TD			0.49		-			
PCf = 161.038 + 15.586TD			0.35		-			

EPM: erro padrão da média; PCi: peso corporal inicial; PCf: peso corporal final; CR: consumo de ração diário; TXP: taxa de postura; CAKG: conversão alimentar por quilo de ovos; CADZ: conversão alimentar por dúzia de ovos; MO: massa de ovos; IPO: idade ao primeiro ovo; L: efeito linear; NS: não significativo.

Para as análises de qualidade dos ovos, também não foi verificado efeito significativo dos níveis de ThrD fornecidos durante o crescimento das aves (Tabela 9).

Tabela 9 Qualidade de ovos de codornas japonesas, em função dos níveis de treonina digestível fornecidos na fase de recria

Variáveis	Níveis de treonina digestível (%)					EPM	Efeito	P-valor
	0.58	0.70	0.82	0.94	1.06			
UH	93.32	92.51	92.49	92.77	93.64	0.107	NS	0.4658
IG	0.50	0.49	0.49	0.49	0.50	0.001	NS	0.5580
GE (g ml ⁻¹)	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	0.000	NS	0.8953
PO (g)	10.71	10.79	10.37	10.73	10.76	0.031	NS	0.3319
% Albúmen	62.34	62.34	61.84	62.17	61.88	0.043	NS	0.5928
% Gema	29.95	30.03	30.44	30.15	30.32	0.036	NS	0.6666
% Casca	7.75	7.62	7.72	7.67	7.80	0.012	NS	0.5105
PCSA	3.91	3.90	3.86	3.94	3.93	0.005	NS	0.6282
ESPC (mm)	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.000	NS	0.5387

EPM: erro padrão da média; UH: Unidade Haugh; IG: índice de gema; GE: gravidade específica; PO: peso de ovo; PCSA: peso de casca por superfície de área; ESPC: espessura de casca; NS: não significativo.

Nenhum dos órgãos avaliados aos 120 dias de idade apresentou diferença estatística para peso relativo e nem para o comprimento em função das dietas fornecidas na fase de recria das aves (Tabela 10).

Tabela 10 Peso relativo de órgãos e comprimento de intestino delgado e de oviduto de codornas japonesas, aos 120 dias de idade, em função dos níveis de treonina digestível fornecidos na fase de recria

Variáveis	Níveis de treonina digestível (%)					EPM	Efeito	P-valor
	0.58	0.70	0.82	0.94	1.06			
PRF (%)	3.07	3.43	4.01	3.60	3.58	0.061	NS	0.1521
PRC (%)	0.88	0.75	0.83	0.83	0.78	0.009	NS	0.7227
PRI (%)	3.57	3.56	3.48	3.41	3.65	0.016	NS	0.8628
PRO (%)	4.01	4.43	4.06	4.33	4.19	0.032	NS	0.8957
CI (cm)	65.58	66.40	66.26	60.18	61.90	0.509	NS	0.2786
CO (cm)	33.48	34.30	32.12	32.80	32.30	0.164	NS	0.6970

EPM: erro padrão da média; PRF: peso relativo de fígado; PRC: peso relativo de coração; PRI: peso relativo de intestino; PRO: peso relativo de oviduto; CI: comprimento de intestino; CO: comprimento de oviduto; NS: não significativo.

3.4. Discussão

A formulação de rações para codornas em crescimento, deve atender as proporções de aminoácidos em quantidades adequadas para cada fase de seu desenvolvimento. Rações com proporções de aminoácidos tanto abaixo como acima da exigência animal pode vir a ocasionar alterações fisiológicas com efeitos metabólicos que refletem no comportamento alimentar, visto que esse desbalanço leva a uma mudança nas concentrações de aminoácidos no plasma e tecidos, com redução substancial do aminoácido limitante. Esse processo levaria a redução no consumo e conseqüentemente retardamento no crescimento das aves (Bertechini, 2006), alterando as outras variáveis de desempenho, o que não ocorreu em nenhuma das fases de crescimento analisadas nesse estudo, indicando que os níveis não causaram tais alterações. Por outro lado, o maior consumo de treonina estimado pode produzir um incremento calórico corporal desnecessário nas codornas, já que o custo para excretar um aminoácido é estimado em torno de 6 a 18 mols de ATP (Costa et al., 2001), sendo então um alto custo energético para as aves e conseqüentemente, aumentando os custos de produção.

Samuel et al. (2017) trabalhando com treonina para codornas japonesas de 2 a 6 semanas de idade, também não encontrou diferença significativa para o ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar. Resultados semelhantes foram obtidos por Baylan et al. (2006), que não observaram efeito dos diferentes níveis de treonina total (0,81 a 1,06%) para o desempenho de codornas japonesas no período de 1 a 35 dias de idade.

Apesar da treonina ser um aminoácido em grande parte vinculado a renovação celular e síntese proteica para a composição corporal e composição das penas, pela sua

alta taxa de *turnover*, seus níveis não foram suficientes para causar alterações na composição química corporal e taxa de deposição de proteína no crescimento. Estudos feitos por Ton et al. (2013), também não encontraram diferença nos componentes água, proteína bruta e matéria mineral na carcaça de codornas japonesas alimentadas com diferentes níveis de ThrD de 1 a 35 dias de idade.

O crescimento do trato digestório excede o de outros órgãos das aves na fase inicial de vida, sendo que esse desenvolvimento é fundamental para que a capacidade de absorção dos nutrientes fornecidos na dieta seja maximizada nas codornas. Estima-se ainda, que mais da metade da treonina consumida seja utilizada a nível intestinal para a função de manutenção (Myrie et al., 2001), pois o revestimento mucoso do intestino, que possui elevado conteúdo deste aminoácido, o protege da ação de toxinas, bactérias, autodigestão e abrasão física, sendo componente importante da barreira não imune do intestino, que atua como mecanismo primário de defesa contra patógenos (Faure et al., 2007). Neste estudo, pode não ter acontecido diferenças no peso e no comprimento do intestino, pelo fato das aves terem sido criadas em ambiente adequado, já em situações de desafio sanitário a treonina é um importante nutriente sendo considerado para diversos autores, o primeiro aminoácido limitante para a produção de imunoglobulinas (Tibaldi e Tulli, 1999; Defa et al., 1999; De Blas et al., 2000; Silva et al., 2006).

Já a morfometria mostrou que mesmo que o peso e o comprimento do intestino delgado não tenham tido alterações, a altura das vilosidades do jejuno aos 7 dias de idade foi maior conforme foi aumentada a suplementação de treonina, concordando com Le Bellego et al. (2002) que consideram a treonina da ração essencial para as secreções digestórias e para a saúde intestinal, e possivelmente colaborou para o aumento da superfície de contato das vilosidades.

A relação vilo: cripta também é um indicador da capacidade digestiva do intestino delgado. De acordo com Luquetti (2005), uma relação vilo: cripta diminuída indica vilos danificados e uma atividade proliferativa aumentada nas criptas, objetivando restaurar a forma e a função do epitélio. Por outro lado, um aumento nessa taxa corresponde a um aumento na digestão e absorção de nutrientes (Montagne et al., 2003). Apesar de que neste estudo, tenha sido observado maior relação vilo: cripta aos 7 e aos 14 dias de idade, este resultado não foi suficiente para levar a uma diferença no desempenho das aves.

A carência de aminoácidos essenciais da dieta induz ao balanço negativo de nitrogênio, isto é: a perda é maior do que o consumo. A proteína para a qual o aminoácido essencial estiver faltando não pode ser sintetizada, e os outros aminoácidos que seriam

incorporados na proteína serão metabolizados (Rutz, 2002). Os resultados do presente estudo mostram que mesmo o menor nível fornecido as codornas, não alterou o balanço de nitrogênio e nem o coeficiente de metabolizabilidade, sendo suficiente para atender exigência de manutenção, justificando o fato dos outros níveis não alterarem as variáveis de desempenho neste trabalho. Mandal et al. (2006) trabalhando com três níveis de treonina para codornas de 1 a 35 dias de idade, também não encontraram diferença na ingestão e retenção de nitrogênio das aves.

Para a fase de produção, os tratamentos fornecidos na recria mostraram ter efeito apenas sobre o peso corporal das aves, que aumentaram de forma linear conforme aumentou os níveis de treonina na dieta, essa diferença se manteve do início ao fim do período de produção estudado, e demonstra a capacidade de deposição tecidual desse aminoácido em períodos de produção de ovos. Entretanto as variáveis de desempenho produtivo não sofreram alteração, mostrando que o peso das aves não interferiu na produção, quando analisado até o período deste estudo.

Na intenção de avaliar o efeito dos níveis de treonina (0,67 a 1,22%) da recria na produção de ovos de codornas japonesas, Samuel et al. (2017) não observaram diferença na idade ao primeiro ovo, dados também não encontrados neste trabalho. O fato de não ter sido constatado efeito na produção e na qualidade dos ovos das codornas em postura que foram alimentadas com diferentes níveis de treonina digestível na fase de recria, nos leva a concluir que não há efeito residual dos níveis em questão para esses parâmetros. Neste sentido, a suplementação do menor nível de treonina digestível (0,58%) foi suficiente para atender as necessidades das codornas em crescimento, sem comprometer o desempenho na fase de produção de ovos até o período avaliado.

Em conclusão, o nível de treonina digestível de 0,58% nas dietas de cria e recria, correspondendo a relação de treonina: lisina de 51,79%, proporciona crescimento adequado e desempenho satisfatório de codornas japonesas em fase inicial de postura.

3.5. Referências

- Albino, L.F.T.; Barreto, S.L.T, 2003: *Criação de codornas para produção de ovos e carne*. Aprenda Fácil
- AOAC - Association of Official Analytical Chemistry, 2005: *Official methods of analysis*. 18 ed. Washington, DC.
- Baylan, M.; Canogullari, S.; Ayasan, T.; Sahin, A., 2006: Dietary threonine supplementation for improving growth performance and edible carcass parts in

- Japanese quails, *Coturnix coturnix japonica*. *International Journal of Poultry Science* **5**, 635-638.
- Bertechini, A. G., 2006: *Nutrição de monogástricos*. UFLA.
- Burrin, D.G.; Stoll, B.; Jiang, R.; Chang, X.; Hartmann, B.; Holst, J.J.; Reeds, P. J., 2000: Minimal enteral nutrient requirements for intestinal growth in neonatal piglets: how much is enough? – *The American Journal of Clinical Nutrition* **71**, 1603-1610.
- Corzo, A.; Kidd, M.T.; Dozier, W. A.; Pharr, G.T.; Koutsos, E.A., 2007: Dietary threonine needs for growth and immunity of broilers raised under different litter conditions. *Journal of Applied Poultry Research* **16**, 574-582.
- Defa, L.; Changting, X.; Shiyan, Q.; Jinhui, Z.; Johnson, E.W.; Thacker, P.A., 1999: Effects of dietary threonine on performance, plasma parameters and immune function of growing pigs. *Animal Feed Science and Technology* **78**, 179-188.
- Faure, M.; Choné, F.; Mettraux, C.; Godin, J.P.; Béchereau, F.; Vuichoud, J.; Obled, C., 2007: Threonine utilization for synthesis of acute phase proteins, intestinal proteins, and mucins is increased during sepsis in rats. *The Journal of nutrition* **137**, 1802-1807.
- Fraga, A.L.; Moreira, I.; Furlan, A.C.; Bastos, A.O.; Oliveira, R.P.D.; Murakami, A. E., 2008: Lysine requirement of starting barrows from two genetic groups fed on low crude protein diets. *Brazilian Archives of Biology and Technology* **51**, 49-56.
- Hamilton, R.M.G., 1982: Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. *Poultry science* **61**, 2022-2039.
- Kaur, S.; Mandal, A.B.; Singh, K B.; Kadam, M.M., 2008: 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* **117**, 255-262.
- Kidd, M.T.; Gerard, P.D.; Heger, J.; Kerr, B.J.; Rowe, D.; Sistani, K.; Burnham, D.J., 2001: Threonine and crude protein responses in broiler chicks. *Animal Feed Science and Technology* **94**, 57-64.
- Le Bellego, L.; Noblet, J., 2002: Performance and utilization of dietary energy and amino acids in piglets fed low protein diets. *Livestock Production Science* **76**, 45-58.
- Leandro, N.S.M.; Vieira, N.S.; Matos, M.S.; Café, M.B.; Stringhini, J.H.; Santos, D.A., 2005: Desempenho produtivo de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) submetidas a diferentes densidades e tipos de debicagem. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* **27**.

- Luquetti, B., 2005: Efeito da vacinação contra coccidiose aviária e da suplementação de glutamina ou prebiótico sobre a mucosa intestinal em frangos. Tese de Doutorado em Zootecnia-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.
- Mandal, A.B.; Kaur, S.; Johri, A.K.; Elangovan, A.V.; Deo, C.; Shrivastava, H.P., 2006: Response of growing Japanese quails to dietary concentration of L-threonine. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **86**, 793-798.
- Montagne, L.; Pluske, J.R.; Hampson, D.J., 2003: A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. *Animal feed science and technology* **108**, 95-117.
- Myrie, S.B.; Bertolo, R.S.; Saurer, W.C., 2001: Threonine requirement and availability are affected by feed that stimulate gut mucin. *Advances in pork production* **12**.
- Neto, R., 2010: Níveis de treonina, glicina+ serina e suas relações para pintos de corte. Tese de Doutorado - Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba, Universidade Federal Rural de Pernambuco e Universidade Federal do Ceará, Areia.
- Nobre, I.; Costa, F.; Silva, L., 2009: Exigência de treonina para codornas na fase de crescimento de 22 a 42 dias. Reunião Anual Da Sociedade Brasileira De Zootecnia, **46**.
- NRC - National Research Council, 1994: *Nutrient requirements of poultry*. 8th ed. National Academy Press, Washington, D.C.
- Ojano-Dirain, C.P.; Waldroup, P.W., 2002: Week of Age under moderate Temperature Stress. *International Journal of Poultry Science*, **1**, 16-21.
- Pastore, S.M.; Oliveira, W.D.; Muniz, J.C.L., 2012: Panorama da coturnicultura no Brasil. *Revista eletrônica Nutritime* **9**, 2041-2049.
- Pinto, R.; Ferreira, A.S.; Soares, R.D.T.R.N.; Pereira, C.A.; Albino, L.F.T.; Silva, M.D.A.; Donzele, J.L., 2003: Exigência de metionina mais cistina para codornas japonesas em crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia* **32**, 1174-1181.
- Rodrigues, P.B.; Bertechini, A.G.; Oliveira, B.C.; Teixeira, A.S. Oliveira, A.I.G., 1996: Fatores nutricionais que influenciam a qualidade do ovo no segundo ciclo de produção. I. Níveis de aminoácidos sulfurosos totais. *Revista Brasileira de Zootecnia* **25**, 248-260.
- 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., 2011: *Tabelas brasileiras para aves e*

- suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 3 ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- Rostagno, H.S.; Albino, L.F.T.; Hannas, M.I.; Donzele, J.L.; Sakomura, N.K.; Perazzo, F.G.; Saraiva, A.; Teixeira, M.L.; Rodrigues, P.B.; Oliveira, R.F.; Barreto, S.L.T.; Brito, C.O., 2017: *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 4 ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- Rutz, F., 2002: Metabolismo intermediário. In: Macari, M.; Furlan, R.L.; Gonzáles, E. (Ed) *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte*. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 375.
- Sá, L.M.; Gomes, P.C.; Cecon, P.R.; Rostagno, H.S; D'Agostini, P., 2007: Exigência nutricional de treonina digestível para galinhas poedeiras no período de 34 a 50 semanas de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia* **36**, 1846-1853.
- Sakomura, N.K.; Rostagno, H.S., 2016: *Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos*. 2ed. FUNEP: Jaboticabal.
- Samuel, I.; Bawa, G.S.; Daudu, O.M.; Makinde, O.J.; Ibe, E.A.; Akintunde, A.R., 2017: Determination of optimum threonine requirements of japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) chicks reared under tropical environment. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* **20**.
- Silva, D.; Queiroz, A., 2004: *Análise de alimentos (Métodos químicos e biológicos)*. 3ª Edição, Viçosa, MG. Universidade Federal de Viçosa.
- Silva, E.L.; Silva, J.H.V.; Jordão Filho, J.; Ribeiro, M.L.G.; Costa, F.G.P.; Rodrigues, P.B., 2006: Redução dos níveis de proteína e suplementação aminoacídica em rações para codornas européias (*Coturnix coturnix coturnix*). *Revista Brasileira de Zootecnia* **35**, 822-829.
- Silva, J.D.; Costa, F.G.P., 2009: *Tabela para codornas japonesas e européias*. Jaboticabal, SP: Funep.
- Tibaldi, E.; Tulli, F., 1999: Dietary threonine requirement of juvenile European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* **175**, 155-166.
- Ton, A.P.S.; Furlan, A.C.; Martins, E.N.; Batista, E.; Pasquetti, T.J.; Scherer, C.; Quadros, T.C.O.D., 2013: Nutritional requirements of digestible threonine for growing meat-type quails. *Revista Brasileira de Zootecnia* **42**, 504-510.
- Umigi, R.T.; Barreto, S.L.T.; Donzele, J.L.; Reis, R.; Sousa, M.F.; Leite, C., 2007: Níveis de treonina digestível em dietas para codorna japonesa em postura. *Revista Brasileira de Zootecnia* **36**, 1868-1874.

Young, R.J.; Ngo, A.; Cantor, A.H., 1978: Balancing amino acids for poultry to reduce total dietary protein. *Proc Cornell Nutr Conf. Cornell University, Ithaca, NY*, **127**.

IV – Exigência de treonina digestível para codornas japonesas em fase de postura¹

Resumo

Este estudo teve como objetivo determinar a exigência nutricional de treonina digestível (ThrD) para codornas japonesas em fase de postura, além de verificar seus efeitos sobre a qualidade dos ovos, peso de órgãos (fígado, coração, intestino e oviduto), morfometria e comprimento de intestino, comprimento de oviduto e composição química corporal, taxa de deposição de proteína e de gordura e energia retida na carcaça. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso contendo cinco níveis de ThrD (0,52; 0,60; 0,68; 0,72 e 0,84%), com cinco repetições e 12 codornas por unidade experimental (UE), totalizando 300 aves, com peso médio inicial de $149,78 \pm 4,33$ g, no período de 58 a 120 dias de idade. O peso corporal, a taxa de postura, conversão alimentar por kg de ovos, conversão alimentar por dúzia de ovos e massa de ovos apresentaram efeito quadrático sobre os níveis de ThrD, e o consumo de treonina aumentou linearmente com o aumento dos níveis. Dentre as variáveis de qualidade dos ovos, somente o peso de ovo apresentou diferença estatística, sendo influenciado de forma quadrática. Os pesos relativos dos órgãos não foram significativos, porém o comprimento do intestino, a altura das vilosidades e a relação vilo: cripta apresentaram efeito quadrático. Considerando as estimativas obtidas sobre as características de desempenho, foi estimado o nível de 0,70% de ThrD como recomendação para formulação de dietas para codornas japonesas em fase inicial de postura.

Palavras-chave: aminoácidos, *coturnix coturnix japonica*, desempenho, qualidade de ovos de codornas

¹ Artigo redigido de acordo com as normas da Revista Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition

Digestible threonine requirements for laying Japanese quails

Summary

This study had as objective to determine the nutritional requirement of digestible threonine (ThrD) for Japanese laying quails, as well as to verify its effects on egg quality, organ weight (liver, heart, small intestine and oviduct), morphometry and intestine length, oviduct length, and body chemical composition, protein and fat deposition rate and carcass retained energy. The experimental design was complete randomized, containing five levels of ThrD (0,52; 0,60; 0,68; 0,72 and 0,84%), with five replicates and 12 quails per experimental unit, totaling 300 birds, with initial average weight of $149.78 \pm 4.33\text{g}$ from 58 to 120 days old. Body weight, laying rate, feed conversion per kg of eggs, feed conversion per dozen eggs and mass of eggs showed a quadratic effect on ThrD levels, and the consumption of threonine increased linearly with increasing levels. Among egg quality variables, only the egg weight presented statistical difference, being influenced in a quadratic way by ThrD levels. The relative weights of the organs were not significant, but the intestine length, villus height and villus: crypt ratio presented quadratic effect. Considering the estimates obtained on performance characteristics, the level of 0.70% of ThrD was estimated as a recommendation for diets formulation of Japanese quails in the laying initial phase.

Key words: amino acids, *coturnix coturnix japonica*, performance, quality of quail eggs

4.1. Introdução

A cadeia produtiva de criação de codornas no Brasil, encontra-se voltada em sua grande maioria para a produção de ovos, já que é considerada como uma atividade de rápido retorno financeiro, principalmente por requerer baixos custos com investimentos iniciais, utilizar pequenas áreas e ser uma ave muito precoce, o que resulta em uma rápida recuperação do capital investido.

Além disso, devido ao seu reduzido tamanho, o ovo de codorna tem conquistado a simpatia das crianças, adolescentes e adultos pelas maneiras inteligentes de apresentação dos ovos processados nas principais redes de *self-service*, e acaba sendo um dos fatores que impulsionaram o consumo de ovos de codornas, e conseqüentemente, sua produção (Bertechini, 2010).

Pesquisas sobre a criação de codornas, principalmente para produção de ovos vêm despertando maior interesse dos pesquisadores da área avícola, uma vez que o fornecimento de níveis adequados dos nutrientes é um importante fator que determina se as aves vão expressar todo o seu potencial genético (Corrêa et al., 2007; Marinho, 2011).

Em virtude da disponibilidade comercial de aminoácidos sintéticos a preços compatíveis, atualmente há crescente prática de se incorporar estes aminoácidos nas rações, principalmente como alternativa, quando o preço do farelo de soja está alto. Com isso, é possível formulações de mínimo custo com teores de proteína bruta inferiores aos recomendados nas tabelas de exigências nutricionais, porém, atendendo as exigências em aminoácidos essenciais (Deponti et al., 2007).

A inclusão de L-treonina na dieta, similarmente ao que ocorre com a metionina e lisina, promove o decréscimo da proteína bruta da dieta e, por conseqüência, diminui a eliminação de ácido úrico, de água e a formação de amônia no ambiente, além do custo da dieta (Kidd et al., 2002).

A treonina é considerada o terceiro aminoácido limitante, para aves, em dietas à base de milho e farelo de soja. A sua exigência está na formação da proteína e manutenção do turnover proteico corporal, atua na formação de anticorpos e por ser precursora da glicina ajuda na formação do colágeno e elastina (Umigi et al., 2007).

Estudos também mostraram que parte significativa do consumo de treonina é utilizada pelo próprio intestino para a síntese de secreções endógenas, particularmente muco. Considerando a importância das secreções digestórias para a saúde do intestino e para o processo digestório, um nível adequado de treonina dietética é essencial para permitir uma função digestória adequada (Le Bellego et al., 2002). Além de que o uso

adequado da treonina promove melhora da utilização de metionina e de lisina da dieta e, portanto, maior deposição de proteína, produção de ovos e melhoria no desempenho das aves (Nogueira, 2006).

Entretanto, para codornas japonesas a literatura ainda é escassa sobre os valores de aminoácidos em diferentes alimentos e seus requisitos para a produção de ovos (Shivazad et al. 2013). Silva et al. (2007) citam que as pesquisas na área de nutrição e manejo alimentar de codornas japonesas estão concentradas em temas relevantes, mas pouco diversificados, e que na área de nutrição, maior número de trabalhos foi realizado para estimar as exigências de proteína, de energia, de aminoácidos sulfurados, de lisina e de cálcio, mas pouco foi estudado sobre a treonina, minerais e vitaminas.

Inclusive os guias de formulação mostram grande defasagem de informações sobre esta espécie, não existindo consenso quanto aos valores recomendados. Segundo o NRC (1994), a exigência nutricional de treonina digestível para codornas japonesas em postura é de 0,74%. Na tabela do INRA (1999) a recomendação é de 0,58% de treonina. E nas Tabelas Brasileiras (Rostagno et al., 2017), a exigência está dividida de acordo com o peso corporal, sendo a recomendação de 0,701%, 0,675 % e 646% de treonina digestível para codornas com peso de 190, 200 e 210 gramas respectivamente, porém a maioria das aves criadas hoje no Brasil não atingem o menor peso da recomendação.

Nesse sentido, objetivou-se com o este trabalho determinar a exigência nutricional de treonina para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em fase de postura, visando à maximização do desempenho zootécnico e verificar seus efeitos sobre a qualidade dos ovos, o peso de órgãos e a morfometria intestinal.

4.2. Material e métodos

Todos os procedimentos adotados foram previamente aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Estadual de Maringá (Protocolo nº 4235140917/2017).

4.2.1. Animais, instalação e manejo

O experimento foi conduzido entre os meses de maio a agosto, no Setor de Coturnicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi da Universidade Estadual de Maringá utilizando codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) com 1 dia de idade, fêmeas, adquiridas de criatório comercial (linhagem Vicami®, Assis-SP) e criadas em boxes de 2,5 m² em galpão convencional com cobertura de telha francesa, piso de terra batida recoberto com

palha de arroz, paredes laterais de alvenaria com 0,50 m de altura, completadas com tela de arame até o telhado e cortinas laterais móveis.

Comedouros do tipo bandeja e bebedouros infantis foram utilizados até os 10 dias de idade, sendo substituídos por comedouros tubulares e bebedouros pendulares até os 42 dias de idade. Na fase de cria (até os 14 dias), foram usados círculos de proteção nos boxes para evitar oscilações de temperatura e a incidência de vento sobre os animais, e como fonte de aquecimento foram utilizadas campânulas elétricas com lâmpadas de secagem infravermelha (250 W) por 24 horas.

Aos 42 dias de idade, as aves foram transferidas para o galpão de postura, tipo 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 e cortinas laterais móveis, contendo gaiolas de arame galvanizado, dispondo de bebedouros tipo *nipple* e de comedouro tipo calha, durante todo o período experimental (até os 120 dias).

Na fase de postura, água e ração foram fornecidos à vontade, no entanto, o fornecimento de ração foi realizado uma vez ao dia no intuito de evitar o desperdício. A temperatura (média: 20,13°C; mínima: 15,94°C e máxima: 25,67°C) e a umidade relativa do ar (média: 79,63%; mínima: 61,47% e máxima: 89,05%) foram registradas sempre no período da manhã, por intermédio de termohigrômetros de bulbo seco de máxima e mínima, localizados em três pontos do galpão.

O programa de iluminação utilizado foi por meio de luz natural até aos 42 dias de idade e a partir da transferência das aves para o galpão de postura, o fotoperíodo adotado 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*). A intensidade luminosa utilizada foi de 21 lumens.m².

4.2.2. Delineamento experimental e dietas

Até aos 42 dias de idade, as aves receberam uma dieta basal de milho e farelo de soja para codornas japonesas em crescimento, que foi formulada considerando as recomendações e os valores de composição química dos alimentos propostos por Rostagno et al. (2011). Dos 42 aos 57 dias de idade, foi fornecida uma dieta basal de milho e farelo de soja para codornas japonesas em postura, sendo atendidos as recomendações e os valores de composição química dos alimentos propostos por Rostagno et al. (2017). A partir desta idade, foi dado início ao primeiro ciclo do estudo e as dietas experimentais foram ofertadas (Tabela 1).

Tabela 1 Composição centesimal e calculada das rações experimentais para codornas japonesas em postura

Ingredientes (%)	Níveis de Treonina digestível (%)				
	0.52	0.60	0.68	0.76	0.84
Milho grão (8,52%)	64.67	64.67	64.67	64.67	64.67
Farelo de Soja (46,61%)	22.60	22.60	22.60	22.60	22.60
Inerte	1.06	1.08	1.09	1.11	1.12
L-Ácido glutâmico	0.40	0.30	0.20	0.10	0.00
Foscálcio	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52
Calcário	7.28	7.28	7.28	7.28	7.28
Suplemento vit./min ¹	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Sal comum	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
L-Lisina HCL 78%	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
Óleo de Soja	0.23	0.23	0.24	0.24	0.24
DL- Metionina 99%	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
L-Valina 100%	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
L-Arginina 100%	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
L-Isoleucina 100%	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
L-Triptofano 99%	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
BHT	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
L-Treonina 99%	0.00	0.08	0.16	0.24	0.33
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Composição calculada					
Energia Metabolizável, (Kcal/Kg)	2800	2800	2800	2800	2800
Proteína Bruta (%)	17.78	17.78	17.78	17.78	17.78
Cálcio (%)	3.16	3.16	3.16	3.16	3.16
Fósforo (%)	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
Lisina digestível (%)	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11
Met.+cist digestível (%)	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
Treonina digestível (%)	0.52	0.60	0.68	0.76	0.84
Triptofano digestível (%)	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
Isoleucina digestível (%)	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
Valina digestível (%)	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
Arginina digestível (%)	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27
Sódio (%)	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
Cloro (%)	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
Potássio (%)	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Ácido Linoleico	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44
Número de Mogin (mEq/kg)	148,80	148,80	148,80	148,80	148,80

¹Níveis de garantia por kg de ração: Vit. A – 18.000 UI; Vit. D3 – 5.000 UI; Vit. E – 16 mg; Vit. B1 – 1,112 mg; Vit. B2 – 8 mg; Vit. B6 – 2,100 mg; Vit. B12 – 20 mcg; Vit. K3 – 4,028 mg; Pantotenato de Cálcio – 16 mg; Niacina – 40 mg; Colina – 560 mg; Antioxidante (Butil Hidroxi Tolueno – BHT) – 20 mg; Zinco – 126 mg; Ferro – 98 mg; Manganês – 155 mg; Cobre – 30,624 mg; Cobalto – 0,4 mg; Iodo – 1,936 mg; Selênio – 0,508 mg; Veículo Q.S.P. (Caulin) – 4 g; 3BHT (Butil Hidroxi Tolueno).

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente ao acaso, contendo cinco níveis de ThrD (0,52; 0,60; 0,68; 0,72 e 0,84%), com cinco repetições e 12 codornas por

UE (3 aves por gaiola), totalizando 300 aves, com peso médio inicial de $149,78 \pm 4,33$ g. As rações foram formuladas considerando as recomendações e os valores de composição química dos alimentos propostos por Rostagno et al. (2017), exceto para o perfil de aminoácidos do milho e do farelo de soja, que foram previamente determinados via NIR pela Evonik Nutrição animal (Guarulhos, Brasil).

Os tratamentos consistiram em uma ração formulada à base de milho e farelo de soja, suplementada com os aminoácidos industriais L-Lisina, DL-Metionina, L-Triptofano, L-Isoleucina e L-Valina e L-Arginina de forma a atender as exigências nutricionais para codornas japonesas em postura, exceto para treonina.

A ração basal foi suplementada com 0,0000, 0,0815, 0,1631, 0,2446 e 0,3262% de L-Treonina em substituição ao L - Ácido Glutâmico com o objetivo de alcançar os níveis de 0,52, 0,60, 0,68, 0,76, 0,84% de treonina na ração, resultando nas relações treonina: lisina de 47,4, 55,0, 62,0, 69,3, e 77,0%.

O L - Ácido Glutâmico foi utilizado para tornar as rações isoproteicas. O nível dietético do óleo de soja e do inerte foi acrescido em substituição ao L - Ácido Glutâmico que foi modificado com o aumento dos níveis de treonina nas rações experimentais, de forma a tornar as rações isoproteicas e isoenergéticas.

4.2.3. Parâmetros avaliados

Desempenho

As aves foram avaliadas durante três ciclos de produção, que compreendiam 21 dias cada. As aves mortas foram contabilizadas diariamente para correção do consumo de ração. A colheita de ovos foi realizada diariamente (8h:00), com o objetivo de identificar a idade ao primeiro ovo (dias) e calcular a taxa de postura (%) e a produção de massa de ovos (g ovos ave dia), contabilizando todos os ovos produzidos incluindo os quebrados, trincados, anormais e de casca mole.

A taxa de postura foi considerada como sendo o produto da divisão do número de ovos produzidos pelo total de aves da UE, dada por: Taxa de postura (%) = (número de ovos produzidos / número de aves alojadas) x 100.

A massa de ovos é obtida pela multiplicação da produção de ovos pelo peso médio dos ovos, de acordo com a equação: Massa de ovos (g ovos ave dia) = (peso médio dos ovos (g) x número de ovos produzidos) / número de aves alojadas.

As codornas e as rações foram pesadas ao final de cada ciclo para determinação do respectivo peso corporal (g) e do consumo de ração (g), além do cálculo da conversão alimentar por kg de ovos – CAKG (kg kg de ovos), que expressa a relação entre o consumo de ração e a produção de ovos em peso, sendo calculada pela equação: CAKG (kg kg de ovos) = consumo de ração (kg) / peso dos ovos (kg). E também a conversão alimentar por dúzia de ovos – CADZ (kg dz de ovos), que expressa a relação entre o consumo de ração e a produção de ovos em dúzias, sendo calculada pela equação: CADZ (kg dz de ovos) = consumo de ração (kg)/ dúzia de ovos.

Qualidade interna e externa dos ovos

Nos três últimos dias de cada ciclo, foram realizadas as análises de qualidade interna e externa dos ovos, além da determinação do peso médio destes e, para isso, apenas os ovos vendáveis foram utilizados. As características avaliadas foram: peso médio dos ovos (g), gravidade específica (g/ml), índice de gema, % de casca, % de gema, % de albúmen, peso de casca por superfície de área e espessura da casca (mm).

Entre as medidas de qualidade, a gravidade específica foi obtida através do método de imersão de todos os ovos em diferentes concentrações de solução salina (densímetro de Baumé variando 0,005 g mL desde 1,060 a 1,090 g mL) de acordo com a metodologia descrita por Hamilton (1982).

Para as análises de qualidade interna, três ovos foram selecionados de acordo com o peso médio da UE, identificados e pesados individualmente. Após a pesagem, foram quebrados para a determinação da altura (mm) e do diâmetro (mm) da gema e do albúmen utilizando paquímetro digital (Digimes, com precisão de 0,02 mm).

A determinação da altura da gema foi realizada no seu ponto mais alto e para a altura do albúmen, a medida foi realizada na região mais próxima à gema. O diâmetro foi obtido pela média de duas mensurações transversais tanto da gema quanto do albúmen. Posteriormente, por meio destes dados foi possível determinar o índice de gema (IG), dado por: $IG = (\text{altura de gema (mm)} / \text{diâmetro de gema (mm)}) \times 100$ e a Unidade Haugh (UH), calculada de acordo com Card e Nesheim (1966), considerando a altura do albúmen (A) e o peso do ovo (PO): $UH = 100 \log (A + 7,57 - 1,7 \times PO^{0,37})$.

Posteriormente, a gema e o albúmen foram separados para a pesagem da gema em balança de precisão, e o peso do albúmen foi obtido subtraindo-se do peso do ovo, os pesos da gema e da casca. Os dados de peso permitiram quantificar as porcentagens de

gema, albúmen e casca em relação ao peso do ovo, de acordo com a equação: % do componente = (peso do componente (g) / peso do ovo (g)) x 100.

Após a secção do ovo, as cascas foram lavadas, secas e armazenadas em temperatura ambiente para determinação posterior do peso (em balança de precisão) e da espessura (mm). As medidas de espessura foram realizadas em quatro pontos distintos na região equatorial, empregando medidor de espessura (Mitutoyo®, modelo 700-118 “Quick Mini”). Além disso, foi determinado o peso da casca por unidade de superfície de área (PCSA), calculado e utilizando a fórmula adaptada por Rodrigues et al. (1996), em que: $PCSA = (\text{peso da casca (g)} / 3,9782 \times \text{peso do ovo (g)}) \times 100$.

Composição química, taxa de deposição de proteína e de gordura e energia retida na carcaça

A composição química corporal foi determinada aos 120 dias de idade. Foram selecionadas duas aves por UE (de acordo com o peso médio – $\pm 5\%$); as aves foram sacrificadas, congeladas (com penas, vísceras, pés e cabeça) e posteriormente descongeladas, pesadas, pré-moídas em moinho industrial e homogeneizadas para desidratação em liofilizador (Christ Alpha 1-4 LD plus, Marin Christ, Germany). Em seguida, foram moídas novamente e conduzidas ao Laboratório de Nutrição Animal (LANA) do Departamento de Zootecnia para as análises de composição química. De acordo com as metodologias descritas por AOAC (2005), foram determinados os teores de matéria seca (925-09), matéria mineral (923-03), proteína bruta (920-87) e extrato etéreo (920-85) das carcaças.

A partir dos dados obtidos por meio da análise de composição química corporal das aves aos 120 dias de idade, e de um grupo adicional de 40 codornas abatidas no início do experimento, foi possível determinar a taxa de deposição de proteína (TDP) e de gordura (TDG) corporal (g/dia) utilizando a metodologia adaptada de Fraga et al. (2008), em que $TDP = (QP_{cf} - QP_{ci})/PE$ e $TDG = (QG_{cf} - QG_{ci})/PE$; em que: QP_{cf} e QG_{cf} são, respectivamente, a quantidade, em gramas, de proteína e gordura na carcaça final; QP_{ci} e QG_{ci} são, respectivamente, a quantidade, em gramas, de proteína e gordura na carcaça inicial e PE representa o período experimental em dias.

A partir dos valores obtidos para a TDP e a TDG procedeu-se ao cálculo da energia retida na carcaça (ERC), de acordo com a equação proposta por Sakomura (2004), em que $ERC = (5,66 \times TDP) + (9,37 \times TDG)$, sendo que 5,66 e 9,37 representam, respectivamente, os valores energéticos (em kcal g) da proteína e da gordura.

Peso relativo de órgãos e comprimento de intestino delgado e oviduto

Duas aves por UE foram sacrificadas, aos 120 dias de idade, de acordo com as normas da Comissão de Ética no Uso de Animais, e evisceradas por meio de corte abdominal para a extração do coração, fígado, intestino delgado e oviduto, os quais foram pesados em balança de precisão para posterior obtenção de seus pesos relativos, calculados como segue: $\text{Peso relativo do órgão} = (\text{Peso do órgão (g)} / \text{Peso da ave (g)}) \times 100$. Adicionalmente foi feita a mensuração do comprimento do intestino delgado e do oviduto usando fita métrica.

Morfometria intestinal

Após a medida do intestino delgado ser feita, foi coletado um fragmento de 2 cm do jejuno, sendo considerado a partir da porção distal da alça duodenal até o divertículo vitelínico. As amostras foram lavadas com solução fisiológica (4°C), e acondicionadas em endorfes contendo solução de formalina tamponado (10%), para fixação dos tecidos até a realização da análise. Os fragmentos foram desidratados em uma série de concentrações crescentes de álcoois, diafanizados em xilol e incluídos em parafina (Luna, 1968). Foram feitos cortes histológicos, através de um micrótomo rotativo (Leica-RM 2245), com cinco micrômetros de espessura, semisseriados e transversais, até obter cinco cortes por lâmina sendo depois corados pelo método de periodic acid Schiff (PAS).

A captura de imagens para análise morfométrica foi realizada através de uma câmera digital de alta resolução (Moticam 2500 – 5.0M pixel), acoplada ao microscópio MOTIC BA400 e o analisador de imagem computadorizado MOTIC IMAGE PLUS 2.0. Foram efetuadas 40 medidas (20 medidas para altura de vilo e 20 para profundidade de cripta) por segmento. As alturas dos vilos foram medidas a partir da região basal do vilo, coincidente com a porção superior das criptas, até seu ápice. As criptas foram medidas da sua base até a região de transição cripta: vilo.

4.2.4. Análise estatística

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando o procedimento GLM do programa computacional SAS (2009). Para o teste dos efeitos dos tratamentos, foi adotado o modelo descrito abaixo, e em seguida, foi verificado o atendimento do pressuposto da normalidade dos resíduos pelo teste de normalidade (Shapiro-Wilk).

$$Y_{ik} = \beta_0 + \beta_i + \epsilon_{ik}$$

em que:

Y_{ik} = variável medida na unidade experimental k , alimentada com dieta contendo o nível i de treonina digestível;

β_0 = constante geral;

β_i = efeito da treonina digestível;

ϵ_{ik} = erro aleatório associado a cada observação.

Foram realizadas as análises de regressão dos níveis de ThrD e as estimativas das exigências nutricionais foram determinadas através do modelo quadrático de acordo com Sakomura e Rostagno (2017).

4.3. Resultados

Os níveis crescentes ThrD influenciaram o peso corporal das aves e o consumo de treonina de forma linear crescente (Tabela 2). Já para as variáveis de taxa de postura, conversão alimentar por kg de ovos, conversão alimentar por dúzia de ovos e massa de ovos, foi observado efeito quadrático para os níveis de ThrD. Os níveis ótimos estimados foram de: 0,69% de ThrD para taxa de postura; 0,70% de treonina digestível para conversão alimentar por kg de ovos e também para a conversão alimentar por dúzia de ovos e de 0,72% de ThrD para massa de ovos.

Tabela 2 Desempenho médio de codornas japonesas na fase de postura, em função dos níveis de treonina digestível

Variáveis	Níveis de treonina digestível (%)					EPM	Efeito	P-valor
	0.52	0.60	0.68	0.76	0.84			
PC (g)	162.08	166.17	167.33	170.67	171.94	0.744	L	0.0027
CRD (g/ave/dia)	27.54	28.87	27.12	28.23	27.27	0.150	NS	0.8397
CThr (g/ave/dia)	0.14	0.17	0.18	0.21	0.23	0.007	L	<.0001
TXP (%)	80.19	84.73	86.63	88.90	81.02	0.756	Q	<.0001
CAKG (kg/kg ovos)	3.405	3.328	2.938	2.936	3.316	0.047	Q	0.0093
CADZ (kg/dz ovos)	0.400	0.411	0.357	0.361	0.399	0.005	Q	0.0305
MO (g ovos/ave/dia)	8.31	8.98	9.01	9.37	8.85	0.079	Q	0.0376
Equações de Regressão				R ²	Estimativa ThrD (%)			
PC = 146.934 + 30.571TD				0.37	-			
CT = -0.054 + 0.447TD				0.88	-			
TXP = -43.414 + 378.596TD - 273.013TD ²				0,85	0.69			
CAKG = 10.801 - 22.505TD + 16.127TD ²				0.74	0.70			
CADZ = 1.047 - 1.964TD + 1.412TD ²				0.48	0.70			
MO = -2.280 + 31.824TD - 22.035TD ²				0.86	0.72			

TD: treonina digestível; EPM: erro padrão da média; PC: peso corporal; CRD: consumo de ração diário; CThr: consumo de treonina; TXP: taxa de postura; CAKGKG: conversão alimentar por quilo de ovos; CAKGDZ: conversão alimentar por dúzia de ovos; MO: massa de ovos; L: efeito linear; Q: efeito quadrático; NS: não significativo.

Verificou-se diferença significativa dos níveis de ThrD sobre a qualidade de ovos de codornas japonesas somente para o peso dos ovos, que foi influenciado de modo quadrático, determinando 0,70% de ThrD como nível ótimo (Tabela 3).

Tabela 3 Qualidade de ovos de codornas japonesas em função dos níveis de treonina digestível

Variáveis	Níveis de treonina digestível (%)					EPM	Efeito	P-valor
	0.52	0.60	0.68	0.76	0.84			
UH	95.49	93.13	94.96	95.43	95.14	0.0633	NS	0.5928
IG	0.51	0.50	0.50	0.50	0.50	0.0010	NS	0.0773
GE (g/ml)	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	0.0001	NS	0.2634
PO (g)	9.86	10.31	10.18	10.28	10.06	0.0377	Q	0.0299
% Albúmen	62.74	62.67	62.70	62.12	62.47	0.0569	NS	0.6170
% Gema	28.79	29.50	29.47	29.53	29.57	0.0627	NS	0.1386
% Casca	7.88	7.83	7.88	7.88	7.97	0.0051	NS	0.4962
PCSA	3.89	3.88	3.91	3.93	3.95	0.0058	NS	0.4401
ESPC (mm)	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.0003	NS	0.3004
Equações de Regressão					R ²	Estimativa ThrD (%)		
PO = 4.287 + 17.095TD - 12.164TD ²					0.75	0.70		

EPM: erro padrão da média; UH: Unidade Haugh; IG: índice de gema; GE: gravidade específica; PO: peso de ovo; PCSA: peso de casca por superfície de área; ESPC: espessura de casca; Q: efeito quadrático.

Para as variáveis de composição química corporal, taxa de deposição de proteína e de gordura e energia retida na carcaça, somente a TDP foi significativa, aumentando linearmente conforme aumentou os níveis de ThrD na dieta.

Tabela 4 Composição química corporal¹, taxa de deposição de proteína e de gordura e energia retida na carcaça de codornas japonesas, aos 120 dias de idade, em função dos níveis de treonina digestível

Variáveis	Níveis de treonina digestível (%)					EPM	Efeito	P-valor
	0.52	0.60	0.68	0.76	0.84			
PB (%)	49.22	51.47	51.88	50.83	55.60	0.527	NS	0.4316
EE (%)	21.70	22.78	24.28	24.30	27.29	0.450	NS	0.4495
MM (%)	7.69	7.36	7.82	7.24	8.90	0.135	NS	0.4304
TDP (g dia)	0.62	0.69	0.72	0.74	0.76	0.015	L	0.0013
TDG (g dia)	0.28	0.30	0.33	0.38	0.38	0.009	NS	0.3565
ERC (kcal g)	6.05	6.51	6.96	7.50	7.88	0.164	NS	0.1801
Equações de Regressão					R ²	Estimativa ThrD (%)		
TDP = -0.080 + 1.964TD					0.76	-		

¹Dados apresentados com base na matéria seca; EPM: erro padrão da média; MM: matéria mineral; PB: proteína bruta; TDP: taxa de deposição de proteína; EE: extrato etéreo; TDG: taxa de deposição de gordura; NS: não significativo.

O comprimento de intestino das aves teve comportamento quadrático aos 120 dias de idade (Tabela 5), sendo que o nível de 0.64% de ThrD resultou em menor comprimento

do intestino. Para o comprimento de oviduto e os pesos relativos dos órgãos não foi observado efeito significativo.

Tabela 5 Peso relativo de órgãos e comprimento de intestino delgado e oviduto de codornas japonesas, aos 120 dias de idade, em função dos níveis de treonina digestível

Variáveis	Níveis de treonina digestível (%)					EPM	Efeito	P-valor
	0.52	0.60	0.68	0.76	0.84			
PRF (%)	3.63	3.63	3.73	3.55	3.49	0.020	NS	0.8664
PRC (%)	0.86	0.92	0.77	0.90	0.78	0.014	NS	0.4984
PRI (%)	2.90	2.94	3.04	2.84	2.81	0.017	NS	0.6604
PRO (%)	4.30	3.91	4.14	3.93	3.99	0.032	NS	0.1606
CI (cm)	66.33	56.33	52.50	56.00	64.77	1.307	Q	<.0001
CO (cm)	32.70	31.83	32.45	29.67	34.83	0.391	NS	0.2123
Equações de Regressão						R ²	Estimativa ThrD (%)	
CI = 286.706 - 683.751TD + 499.685TD ²						0.83	0.64	

EPM: erro padrão da média; PRF: peso relativo de fígado; PRC: peso relativo de coração; PRI: peso relativo de intestino; PRO: peso relativo de oviduto; CI: comprimento de intestino; CO: comprimento de oviduto; Q: efeito quadrático.

Em relação a morfometria do intestino, houve efeito quadrático para a altura de vilos e para a relação vilos: cripta, e os maiores valores dessas variáveis foram observados com 0.64 e 0.66% de ThrD respectivamente (Tabela 6). A profundidade de cripta não apresentou diferença estatística.

Tabela 6 Altura de vilos, profundidade de cripta e relação altura de vilos: profundidade de cripta do jejuno de codornas japonesas em função dos níveis de treonina digestível

Variáveis	Níveis de treonina digestível (%)					EPM	Efeito	P-valor
	0.52	0.6	0.68	0.76	0.84			
VILO (µm)	478.74	524.87	513.27	519.60	346.15	7.703	Q	0.0001
CRIPTA (µm)	58.83	54.97	53.70	58.13	42.60	0.689	NS	0.4336
V/C	8.24	9.10	9.06	8.18	8.13	0.051	Q	0.0425
Equações de Regressão						R ²	Estimativa ThrD (%)	
VILO = -1150.551 + 5247.020TD - 4073.600TD ²						0.87	0.64	
V:C = -7.026 + 48.834TD - 37.210TD ²						0.65	0.66	

EPM: erro padrão da média; VILO: altura de vilos; CRIPTA: profundidade de cripta; V/C: relação vilos/cripta; Q: efeito quadrático; NS: não significativo.

4.4. Discussão

O peso corporal das aves aos 120 dias de idade aumentou linearmente com os níveis de ThrD, sendo a diferença de 9,86g do nível mais baixo para o nível mais alto de treonina, representando aumento de 5,74% no peso corporal das aves, e sugere que mesmo que as codornas em fase de produção direcionem grande parte da exigência de treonina digestível para a produção do ovo, a capacidade de deposição tecidual desse aminoácido continua

contribuindo com o ganho de peso das aves, principalmente com tecido muscular, já que a taxa de deposição de proteína também aumentou linearmente

O fato do consumo de ração não ser influenciado pelos níveis dietéticos de treonina digestível nas rações, leva a afirmar que os níveis crescentes desse aminoácido no presente estudo, não causaram desequilíbrio aminoacídico que resultasse em alguma alteração do perfil plasmático e ativasse os mecanismos reguladores do apetite como descrito por Harper (1970). Resultados condizentes com este foram observados por Lima et al. (2013), Canogullari et al., (2009), Umigi et al. (2007) e Parlat et al., (2004) que trabalhando com níveis de treonina na ração para codornas japonesas também não verificaram diferença no consumo de ração. Os valores obtidos para o consumo de ração estão um pouco acima do que diz Albino & Barreto (2003), os quais citam que o consumo médio diário de ração por ave na fase adulta está entre 23 a 26g para codornas japonesas. Pelo fato do consumo de ração não ter tido diferença, esperava-se o consumo crescente de treonina pelas aves.

A taxa de postura indica o percentual de aves que estão produzindo em relação à totalidade do plantel. Comparando o tratamento de 0,52 com o de 0,68% de treonina digestível, houve aumento de 6,47% na taxa de postura, representando quase 13 mil ovos a mais por dia em galpão comercial com 200 mil aves. O resultado significativo para essa variável confirma que o uso adequado da treonina reflete em melhora na utilização de metionina e de lisina da dieta e, em consequência, permite que as codornas expressem o seu máximo potencial, ocorrendo maior produção de ovos e melhoria no desempenho. Resultados semelhantes foram encontrados por Schmidt et al. (2011), que observaram influência quadrática dos níveis de treonina na ração para os valores de taxa de postura, peso de ovos e massa de ovos de poedeiras leves.

O mesmo nível ótimo de treonina digestível foi estimado para a conversão alimentar por kg de ovos e para a conversão alimentar por dúzia de ovos (0,70% de treonina digestível), também estando bem próxima ao nível ótimo para a taxa de postura (0,69% de treonina digestível), indicando que a exigência de treonina digestível para essas variáveis se mostraram ajustadas. O comportamento quadrático dessas variáveis indica que em determinado nível a treonina digestível conseguiu atingir o potencial ótimo de desempenho dessas aves e níveis acima deste refletiram em queda dessas variáveis e consequente desperdício de nutriente, já que o consumo da treonina digestível acima da exigência pode produzir um incremento calórico corporal desnecessário nas codornas, provocando a excreção de volume excessivo de ácido úrico, com maior gasto de energia,

e conseqüentemente, aumentando os custos de produção. Dados semelhantes foram observados por Sá et al. (2007), que estudando níveis de treonina para galinhas poedeiras, encontrou efeito quadrático para conversão alimentar por dúzia de ovos, sendo que o tratamento com menor teor de treonina apresentou a pior conversão.

Muitos países comercializam os ovos por peso e não por dúzia, pensando nisso a massa de ovos se torna um parâmetro de grande importância, principalmente se aliado a menor conversão alimentar, podendo isso ser observado com os presentes resultados, em que essas variáveis seguiram a mesma tendência, expressando efeito quadrático para os níveis de treonina digestível. Confirmando esses dados, Allen & Young (1980), verificaram piora na massa de ovos (7,10 para 6,19g, correspondendo, a redução de 14,70%), quando a L-treonina foi retirada da mistura de aminoácidos das rações das codornas.

De modo geral, o ovo de codorna japonesa representa 6% do peso corporal, enquanto o da galinha corresponde a apenas 3%, o que significa que a codorna se mostra mais eficiente na produção de ovos (Albino & Barreto, 2003), demonstrando mais uma vez que as exigências dessas aves são diferentes e que determinar os níveis de aminoácidos corretos é extremamente importante, para que seja expressado o máximo potencial das codornas japonesas para o peso de ovo. Com os resultados obtidos nesse estudo, foi possível determinar o nível ótimo de 0,70% de treonina digestível para o peso de ovo, obtendo, portanto maior eficiência na deposição dos nutrientes através do nível correto estimado de treonina digestível.

Buscando estimar o peso da casca a partir da gravidade específica e do peso de ovo, Nordstrom & Ousterhout (1982) concluíram que o peso de ovo possui influência nos resultados de gravidade específica e percentagem de casca, pois essas diminuem com o aumento do peso de ovo. Porém, os dados aqui encontrados demonstraram diferenças para o peso de ovo, sem causar alterações em nenhuma das outras variáveis de qualidade externa e interna dos ovos.

A unidade Haugh é o parâmetro mais utilizado para analisar a qualidade de ovos. Os níveis de treonina digestível utilizados neste estudo não influenciaram essa variável. Esperava-se que o valor fosse maior para ovos das aves que receberam os maiores níveis de treonina, tendo em vista a participação desse aminoácido na formação proteica do ovo. Este resultado, no entanto, está de acordo com relatos de Lima et al. (2009) que também

não verificaram influências da treonina sobre a qualidade interna e externa dos ovos de poedeiras leves

Não foi observado influência dos níveis de treonina digestível sobre os componentes dos ovos avaliados. Efeito similar dos níveis de treonina da dieta sobre os componentes dos ovos de codorna também foi relatado por Umigi et al. (2007) quando trabalharam com diferentes níveis de treonina digestível para codornas japonesas. Lima et al. (2013) também não encontrou diferenças no componente dos ovos e nem na espessura de casca, quando trabalhou com níveis de treonina digestível para codornas japonesas.

Segundo Gomide-Junior et al. (2004), a avaliação quantitativa e qualitativa da integridade intestinal são relevantes, pois permitem uma confiável reavaliação da capacidade digestiva e de absorção do intestino, como também a análise de danos à mucosa intestinal causados pelo jejum ou agentes patogênicos. Mucosa essa que possui elevado conteúdo de treonina e que a protege da ação de toxinas, bactérias, autodigestão e abrasão física. Segundo Specian & Oliver (1991), a produção de muco no epitélio intestinal contribui para o seu funcionamento e proteção, além de influenciar a absorção de nutrientes no lúmen. Apesar do comprimento de intestino ter sido menor com o nível de 0,64% de treonina digestível, o peso relativo desse órgão não foi influenciado, o que demonstra que possivelmente essa diferença foi compensada com área maior de absorção dos vilos, e fica confirmado se observar os resultados da altura das vilosidades, que foi significativamente maior com o mesmo nível. O tamanho dos vilos depende do número de células que o compõem. Assim, quanto maior o número de células, maior o tamanho do vilos, e por consequência, maior a área de absorção de nutrientes. Confirmando que parte da exigência de treonina está associada com funções do trato gastrointestinal, que parece ter grande necessidade deste aminoácido, contribuindo significativamente para com as exigências do animal.

Foi encontrado neste estudo que 0,70% de treonina digestível na ração, garante ótimo resultados de desempenho sem comprometer a qualidade dos ovos. Esse valor está de acordo com o guia de formulação de Rostagno et al. (2017), que para um peso corporal de 190g recomenda 0,701% de treonina digestível. O valor também fica mediano aos valores recomendados por Silva e Costa (2009), que são de 0,67% de treonina digestível para postura 1 e de 0,73% de treonina digestível para a postura 2. Já o NRC (1994) traz o valor de 0,74% de treonina digestível e a tabela do INRA (1999) recomenda 0,58% de treonina, e não atende as exigências das codornas japonesas criadas hoje no Brasil, devido

aos avanços genéticos e de manejo que ocorreram nos últimos anos, alterando também a necessidade nutricional desse aminoácido.

Pode-se concluir que a exigência de treonina digestível determinada neste trabalho é de 0,70% para codornas japonesas em fase inicial de postura, correspondendo a uma relação treonina: lisina de 0,63%.

4.5. Referências

- Albino, L.F.T.; Barreto, S.L.T, 2003: *Criação de codornas para produção de ovos e carne*. Aprenda Fácil.
- Allen, N.K.; Young, R.J., 1980: Studies on the amino acid and protein requirements of laying Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Poultry Science* **59**, 2029-2037.
- Bertechini, A.G.; 2010: Situação atual e perspectivas para a coturnicultura no Brasil. In: IV Simpósio Internacional e III Congresso Brasileiro de Coturnicultura, 09-14.
- Canogullari, S.; Baylan, M.; Ayasan, T., 2009: Threonine requirement of laying Japanese quails. *Journal of Animal and Veterinary Advances* **8**, 1539-1541.
- Card, L.E.; Nesheim, M.C., 1966: *Poultry production*. 10th ed. Philadelphia: Lea & Febiger, Philadelphia.
- Corrêa, G.S.S.; Silva, M.A.; Corrêa, A.B.; Fontes, D.O.; Santos, G.G.; Lima Neto, H.R., 2008: Crude protein level for meat type quail during the growing period. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* **60**, 209-217.
- Deponti, B.J.; Faria, D.E.D.; Faria Filho, D.E.D.; Rombola, L.G.; Araujo, L.F.; Junqueira, O.M., 2007: Exigências de triptofano e padrão de recuperação do desempenho de poedeiras comerciais após alimentação com rações deficientes em triptofano. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 1324-1330.
- Hamilton, R.M.G., 1982: Methods and Factors That Affect the Measurement of Egg Shell Quality 1, 2. *Poultry science* **61**, 2022-2039.
- Harper, A.E.; Benevenga, N.J.; Wohlhueter, R.M., 1970: Effects of ingestion of disproportionate amounts of amino acids. *Physiological Reviews* **50**, 428-558.
- INRA - Institut National De La Recherche Agronomique, 1999: *Alimentação dos animais monogástricos: suínos, coelhos e aves*. 2ª ed. São Paulo: Roca, 245.
- Kidd, M.T.; Zumwalt, C.D.; Chamblee, D.W.; Carden, M.L.; Burnham, D.J., 2002: Broiler Growth and Carcass Responses to Diets Containing L-Threonine Versus Diets

- Containing Threonine from Intact Protein Sources 1 2. *Journal of applied poultry research* **11**, 83-89.
- Le Bellego, L.; Relandeau C.; Van Cauwenberghe, S., 2002: Threonine: a key nutrient for the gut. *Ajinomoto Eurolysine Information* **26**, 14-17.
- Lima, M.R.; Costa, F.G.P.; Guerra, R.R.; Silva, J.H.; Rabello, C.B.V.; Miglino, M.A.; Dantas, L.D.S., 2013: Threonine: lysine ratio for Japanese quail hen diets. *Journal of Applied Poultry Research* **22**, 260-268.
- Marinho, A. L., 2011: Qualidade interna e externa de ovos de codornas (*Coturnix japonica*) armazenados em diferentes temperaturas e períodos de estocagem. Maceió: Universidade Federal de Alagoas, Dissertação Mestrado, **79**.
- NRC - National Research Council, 1994: *Nutrient requirements of poultry*. 8th ed. National Academy Press, Washington, D.C.
- Nogueira, E., 2006: Nutrição de Aminoácidos para Frangos de Corte. V Seminário Internacional de Aves e Suínos – AveSui 2006/ Avicultura, 25, 26, 27 de abril de 2006 - Florianópolis – SC.
- Nordstrom, J.O.; Ousterhout, L.E., 1982: Estimation of shell weight and shell thickness from egg specific gravity and egg weight. *Poultry Science* **61**, 1991-1995.
- Parlat, S.S.; Yildiz, A.O.; Yazgan, O., 2004: Effects of performance traits of laying Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) of threonine supplementation to diets containing high protein. *Journal of Animal Research (Turkey)*.
- Pinto, R.; Ferreira, A.S.; Donzele, J.L.; Silva, M.A.; Soares, R.T.R.N.; Custódio, G.S. Pena, K.S., 2003: Exigência de lisina para codornas japonesas em postura. *Revista Brasileira de Zootecnia* **32**, 1182-1189.
- Rodrigues, P.B.; Bertechini, A.G.; Oliveira, B.C.; Teixeira, A.S.; Oliveira, A.I.G., 1996: Fatores nutricionais que influenciam a qualidade do ovo no segundo ciclo de produção I. Níveis de aminoácidos sulfurosos totais. *Revista Brasileira de Zootecnia* **25**, 248-260.
- Rostagno, H.S.; Albino, L.F.T.; Hannas, M.I.; Donzele, J.L.; Sakomura, N.K.; Perazzo, F.G.; Saraiva, A.; Teixeira, M.L.; Rodrigues, P.B.; Oliveira, R.F.; Barreto, S.L.T. e Brito, C.O., 2017: *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 4 ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- Sá, L.M.; Gomes, P.C.; Cecon, P.R.; Rostagno, H.S; D'Agostini, P., 2007: Exigência nutricional de treonina digestível para galinhas poedeiras no período de 34 a 50 semanas de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia* **36**, 1846-1853.

- Shivazad, M., Moravvej, H., Zare-Shahneh, A., 2013: Effect of dietary lysine on performance and immunity parameters of male and female Japanese quails. *African Journal of Agricultural Research* **8**, 113-118.
- Silva, J.D.; Costa, F.G.P., 2009: *Tabela para codornas japonesas e europeias*. Jaboticabal, SP: Funep.
- Silva, J.H.V.; Costa, F.G.P.; Silva, E.L., 2007: Exigências nutricionais de codornas. In: 3 Simpósio internacional, 2 Congresso Brasileiro de Coturnicultura, Lavras. Anais. Lavras, 44-64.
- Umigi, R.T.; Barreto, S.L.T.; Donzele, J.L., 2007: Níveis de treonina digestível em dietas para codorna japonesa em postura. *Revista Brasileira de Zootecnia* **36**, 1868-1874.
- Gomide Junior, M.H.; Sterzo, E.V.; Macari, M.; Boleli, I.C., 2004: Use of scanning electron microscopy for the evaluation of intestinal epithelium integrity. *Revista Brasileira de Zootecnia* **33**, 1500-1505.
- Specian, R.D.; Oliver, M.G., 1991: Functional biology of intestinal goblet cells. *American Journal of Physiology-Cell Physiology* **260**, 183-193.
- Lima, M.R.; Costa, F.G.P., 2009: Qualidade de ovos de poedeiras brancas alimentadas com diferentes relações treonina digestível: lisina digestível. In: Congresso sobre Manejo e Nutrição de Aves e Suínos, CBNA. Campinas.
- Schmidt, M.; Gomes, P. C.; Rostagno, H. S.; Teixeira, A. L. F.; Nunes, C. G. V.; Nunes, V.R., 2011: Níveis nutricionais de treonina digestível para poedeiras leves no segundo ciclo de produção. *Revista Brasileira de Zootecnia* **40**, 148-153.

V - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo estimou que 0,58% de treonina digestível, correspondente a relação treonina: lisina de 51,79%, foi o suficiente para suprir a exigência nutricional de codornas japonesas nas fases de 1 a 7, 8 a 14 e 15 a 42 dias de idade, não alterando sua resposta produtiva na fase adulta. Já na fase de postura, o nível recomendado para uma máxima produção foi de 0,70% de treonina digestível, o que corresponde a uma relação treonina: lisina de 0,63%.

As estimativas encontradas neste estudo foram determinadas com base nos resultados de desempenho zootécnico, visando o máximo potencial produtivo das codornas japonesas, sem que haja desperdício de nutrientes. As outras variáveis analisadas foram importantes para complementar o estudo e justificar os resultados encontrados.

É possível que quando expostas a desafios sanitários ou até mesmo a períodos maiores de avaliação da produção, as codornas suplementadas com níveis crescentes de ThrD expressem de maneira diferente sua exigência pelo aminoácido em questão, sendo necessários mais estudos nessa área como sugestão.