








Exigência de triptofano digestível para codornas japonesas em fase de postura

Standardized ileal digestible tryptophan requirements for japanese laying quails

Eline Maria Finco*¹ , Simara Márcia Marcato² , Paulo Cesar Pozza² , Caroline Espejo Stanquevis² ,
Mariani Ireni Benites² 

1 Universidade Federal de Roraima (UFRR), Boa Vista, Roraima, Brasil.

2 Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, Paraná, Brasil.

*Autor correspondente: emfinco@hotmail.com

Resumo: Este trabalho objetivou estimar a exigência nutricional de triptofano digestível para codornas japonesas na fase inicial de postura, além de verificar seus efeitos sobre a qualidade dos ovos, o peso dos órgãos, a contagem diferencial leucocitária e a relação heterófilo:linfócito. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, apresentando cinco tratamentos (0,14; 0,19; 0,24; 0,29 e 0,34%) e cinco repetições, resultando em 25 unidades experimentais, com 12 codornas por unidade experimental, totalizando 300 aves no período de 42 a 126 dias de idade. Considerando os resultados, estimou-se o nível de 0,14% de triptofano digestível para a fase de postura. O peso de oviduto apresentou efeito quadrático, possibilitando estimar as exigências de 0,24% de triptofano digestível. Os heterófilos e basófilos apresentaram efeito linear decrescente, os linfócitos e monócitos efeito linear crescente e para a relação heterófilo:linfócito foi observado efeito quadrático, possibilitando estimar as exigências de 0,31% de triptofano digestív. No entanto, para esta fase (63 a 126 dias de idade), com base no desempenho, o nível de 0,14% de triptofano digestível foi o mais indicado, relação triptofano:lisina digestível de 13% e consumo de 34,67 mg / ave/ dia de triptofano digestível. Desta forma, a redução do nível de triptofano na dieta convencional não afetará o desempenho das aves.

Palavras-chave: aminoácidos essenciais; perfil hematológico; produção de ovos; qualidade de ovos

Abstract: This study aimed to estimate the nutritional requirement of SID tryptophan for japanese quails in initial phase of laying and to verify its effects on egg quality, organ weights, leukocyte differential count and heterophile: lymphocyte ratio. The experimental design was completely randomized, with 5 treatments (0.14, 0.19, 0.24, 0.29, 0.34%) and 5 replicates, resulting in 25 experimental units with 12 quails per experimental unit, totaling 300 birds from 42 to 126 days of age. Considering the results, the level of 0.14% of SID tryptophan was estimated for the laying phase. Theoviduct weight showed a quadratic effect, permitting to estimate the requirement of 0.24% of SID tryptophan. The heterophiles and basophils showed decreasing linear effect, lymphocytes and monocytes increased linear effect and for the eterophile:lymphocyte ratio a quadratic effect was observed, permitting to estimate the requirement of 0.31% of SID tryptophan. However, for this phase (63 to 126 days of age), based on

Recebido: 01 de julho 2024. Aceito: 14 de agosto, 2024. Publicado: 15 de outubro, 2024.

performance, the level of 0.14% of SID tryptophan was the most suited, SID tryptophan:lysine ratio of 13% and SID tryptophan intake of 34,67 mg / bird / day. This way, the reduction of the level of tryptophan in the conventional diet will not affect the performance of the birds.

Keywords: egg production; egg quality; essential aminoacids; hematological profile

1. Introdução

O triptofano é um aminoácido que possui papel importante na imunidade, comportamento, ingestão alimentar e na síntese de vários metabólitos que são fundamentais no corpo do animal. Esse aminoácido possui vias metabólicas complexas e importantes, que permitem melhora no bem-estar e adequado desempenho do animal, de modo que sua deficiência afeta o funcionamento de funções vitais no organismo ^(1,2). As codornas são animais agitados e esse comportamento estressante pode afetar a produção de ovos. Como mencionado, o triptofano é um aminoácido relacionado a diversos papéis importantes no metabolismo da ave, entre eles a síntese de serotonina, que pode reduzir a agitação e o comportamento agressivo em codornas ⁽³⁾. Esse aminoácido também promove aumento no consumo da ração, possibilitando melhora na produção de ovos em codornas ⁽³⁾.

O triptofano é um aminoácido essencial, que deve ser suplementado por meio da ração, precursor da síntese de niacina e da serotonina (5-HT), que é precursora do neuro-hormônio melatonina. Esse aminoácido e seus produtos estão relacionados a diversos mecanismos como aumento no consumo e uma possível redução no estresse e com várias vias metabólicas, tais como a via da serotonina, da melatonina e do ácido nicotínico, além de ter função também na biossíntese proteica ^(2,4). Em níveis adequados, o triptofano promove o bem-estar e o aumento no consumo, porém em doses muito acima da exigência está relacionado à saciedade ⁽⁵⁾.

De acordo com Allen & Young ⁽⁶⁾ a exigência de triptofano digestível para codornas em postura é de 0,17% de Trp (6 a 12 semanas de postura). Já Leeson & Summer ⁽⁷⁾ recomendam 0,22% de triptofano total na dieta de codornas na fase de produção. Os autores Pinheiro et al. ⁽⁸⁾ recomendam 0,21% de Trp para codornas de postura com 21 a 30 semanas de idade e Rostagno et al. ⁽⁹⁾ recomendam 0,22% a 0,24% de Trp, que varia de acordo com o peso corporal da codorna.

Assim, mesmo que haja informações acerca da exigência nutricional de aminoácidos em tabelas brasileiras, devido à divergência e inconsistência de informações relacionadas a aminoácidos essenciais como o triptofano, visto que a maioria das pesquisas são relacionadas às exigências nutricionais dos primeiros aminoácidos limitantes, este estudo possibilita ampliar o conhecimento da nutrição de codornas japonesas em fase inicial de postura.

O objetivo deste trabalho foi estimar a exigência nutricional de triptofano digestível para codornas japonesas na fase inicial de postura (9 a 18 semanas), visando à maximização do

desempenho zootécnico, além de verificar sua influência sobre alguns parâmetros, aos quais podem ser alterados pelo seu metabolismo.

2. Material e métodos

Todos os procedimentos adotados seguiram as normas do Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Estadual de Maringá (Protocolo nº 9290010817/2017).

2.1. Animais, instalações e manejo

O experimento foi realizado no setor de Coturnicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), de maio a setembro de 2016. Foram utilizadas codornas de postura japonesas com 42 dias de idade, fêmeas, adquiridas de criatório comercial com um dia de idade (linhagem Vicami) e criadas convencionalmente em cama até o início do período experimental. Foram coletados dados médios de temperatura (20,07°C e 25,54°C) e umidade relativa do ar (56,99% e 72,08%) no início da manhã e no final da tarde, por meio de termohigrômetros localizados em dois pontos do galpão (início e final). O programa de luz utilizado foi por meio de luz natural na fase de cria e recria.

Aos 42 dias de idade, as codornas foram alojadas em galpão de postura, tipo convencional, contendo gaiolas de arame galvanizado (três aves por gaiola), dispendo de bebedouros tipo *nipple* e comedouro tipo calha. A água e a ração foram fornecidas à vontade e as temperaturas médias (19,11°C e 22,20°C) e a média da umidade relativa do ar (63,60% e 50,00%) foram registradas sempre no período da manhã e da tarde, por meio de termohigrômetros, localizados em dois pontos do galpão (início e final).

O programa de iluminação utilizado foi de 14 horas de luz (natural + artificial) aos 42 dias de idade e semanalmente foram adicionados 30 minutos até atingir 17 horas de luz (natural + artificial), sendo utilizado um programador automático (*timmer*). A intensidade luminosa utilizada foi de 21 lux / m².

2.2. Delineamento experimental e dietas

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC) com cinco tratamentos e cinco repetições, em que as rações experimentais consistiram de cinco níveis de Triptofano digestível (0,14; 0,19; 0,24; 0,29 e 0,34%). Nesse período foram utilizadas 12 aves por unidade experimental, totalizando 300 aves. As rações foram formuladas considerando as recomendações e os valores de composição química dos alimentos propostos por Rostagno et al. ⁽¹⁰⁾, exceto para os valores do milho, farelo de soja e do glúten de milho, que foram previamente determinados em laboratório especializado, por meio da metodologia do “near infrared spectroscopy” (NIRS). As dietas experimentais contendo os diferentes níveis de triptofano digestível estão apresentadas na Tabela 1.

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

Ingredientes	Triptofano Digestível (%)				
	0,14	0,19	0,24	0,29	0,34
Milho (7,87%)	61,094	61,094	61,094	61,094	61,094
Farelo de soja (46%)	14,753	14,753	14,753	14,753	14,753
Glúten de milho (63%)	6,993	6,904	6,809	6,732	6,655
Ácido Glutâmico	3,000	3,013	3,030	3,030	3,030
Calcário	6,792	6,792	6,792	6,792	6,792
Fosfato bicálcico	1,247	1,247	1,248	1,248	1,248
Sal comum	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328
L-lisina HCl (98,50%)	0,654	0,656	0,657	0,658	0,659
DL-Metionina (99,00%)	0,361	0,364	0,366	0,368	0,370
L-Treonina (99,00%)	0,155	0,157	0,159	0,160	0,162
L-Triptofano (98,00%)	0,000	0,051	0,102	0,154	0,205
L-Valina (98,50%)	0,150	0,152	0,154	0,156	0,159
Mistura vitamínica/mineral ¹	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Inerte ²	4,073	4,091	4,108	4,128	4,146
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores calculados					
Energia metabolizável (Kcal.kg ⁻¹)	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800
Proteína bruta (%)	18,800	18,800	18,800	18,800	18,800
Cálcio (%)	2,922	2,922	2,922	2,922	2,922
Fósforo disponível (%)	0,304	0,304	0,304	0,304	0,304
Sódio (%)	0,146	0,146	0,146	0,146	0,146
Potássio (%)	0,456	0,456	0,456	0,456	0,456
Cloro (%)	0,354	0,354	0,354	0,354	0,354
Lisina digestível (%)	1,097	1,097	1,097	1,097	1,097
Metionina+Cistina digestível (%)	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900
Treonina digestível (%)	0,658	0,658	0,658	0,658	0,658
Triptofano digestível (%)	0,140	0,190	0,240	0,290	0,340
Valina digestível (%)	0,823	0,823	0,823	0,823	0,823
Triptofano:Lisina digestível (%)	12,762	17,320	21,878	26,436	30,994
BED (mEq/kg ⁻¹) ³	80,40	80,40	80,40	80,40	80,40

¹Mistura vitamínica/mineral (níveis de garantia por kg da ração); ²Areia fina lavada; ³Balanço eletrolítico na dieta; Trp: triptofano; Vit. A – 4,500,000 UI; Vit. D3 – 1,250,000 UI; Vit. E – 40 mg; Vit. B1 – 2,78 mg; Vit. B2 – 20 mg; Vit. B6 – 5,25 mg; Vit. B12 – 50 mg; Vit. K3 – 10,07 mg; Pantotenato de Cálcio – 40 mg; Niacina – 100 mg; Colina – 1400 mg; Zinco – 315 mg; Ferro – 245 mg; Manganês – 387,5 mg; Cobre – 76,56 mg; Cobalto – 1 mg; Iodo – 4,84 mg; Selênio – 1,27 mg

2.3. Desempenho

A coleta de ovos foi realizada diariamente às 8h, para cálculo da taxa de postura (%) e massa de ovos (g ovos.ave.dia¹). As codornas e as rações foram pesadas ao final de cada período para determinação do respectivo peso médio corporal (g), consumo de ração (g), cálculo da conversão alimentar por massa de ovos (CAMO) (g.g⁻¹ de ovos) e conversão alimentar por dúzia de ovos (CADZ) (g.dz⁻¹ de ovos). As aves mortas foram contabilizadas

diariamente para correção do consumo de ração e para a determinação da viabilidade de cada unidade experimental.

2.4. Qualidade interna e externa dos ovos

As aves foram avaliadas durante quatro ciclos de produção de 21 dias cada, porém para essa análise, foram utilizados os três últimos ciclos. Nos três últimos dias de cada ciclo, foram realizadas as análises de qualidade interna e externa dos ovos e a determinação do peso médio dos ovos. Entre as medidas de qualidade, a gravidade específica foi obtida através do método de imersão de todos os ovos em solução salina, utilizando-se soluções com densidade ajustada por meio de densímetro de Baumé variando 0,005 g.mL⁻¹ utilizando valores desde 1,060 a 1,090 g.mL⁻¹; de acordo com a metodologia descrita por Hamilton ⁽¹¹⁾.

Para as outras análises de qualidade, três ovos dentro do peso médio da unidade experimental foram identificados e avaliados. Os ovos foram abertos sobre uma placa de vidro para a determinação da altura (mm) e do diâmetro (mm) da gema e do albúmen, utilizando paquímetro digital (marca 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 feita na região do albúmen mais próxima à gema. O diâmetro foi obtido pela média de duas mensurações tanto da gema quanto do albúmen. Posteriormente, por meio destes dados foi possível avaliar a qualidade interna dos ovos, determinando o índice de gema e de albúmen e a Unidade Haugh (UH). A Unidade Haugh considera a altura do albúmen (A) e o peso do ovo (PO) (Unidade Haugh = $100 \log (A + 7,57 - 1,7 \times PO^{0,37})$).

Após a secção do ovo, as cascas foram lavadas, secas e armazenadas para que posteriormente fosse determinado o peso e a espessura (mm). As medidas de espessura foram realizadas em quatro pontos distintos na região equatorial, empregando micrômetro (Mitutoyo®, modelo 700-118 "Quick Mini"). Foi determinado também, o peso da casca por unidade de superfície de área (PCSA), calculado utilizando-se a fórmula adaptada por Rodrigues *et al.* ⁽¹²⁾, em que PC corresponde ao peso da casca (g) e PO ao peso do ovo (g), ($PCSA = (PC / 3,9782 * PO^{0,7056}) \times 100$).

A gema e o albúmen foram separados para a pesagem da gema, e o peso do albúmen foi obtido por diferença, em que subtraiu-se do peso do ovo, o peso da gema e da casca. Os dados de peso permitiram quantificar as porcentagens de gema, albúmen e casca, dividindo-se o peso do respectivo componente pelo peso do ovo e após, multiplicando-se por 100.

2.5. Peso relativo dos órgãos

Ao final dos quatro ciclos de postura, dez aves de cada tratamento foram insensibilizadas via intravenosa pelo barbitúrico tiopental e sacrificadas por deslocamento cervical para a avaliação do peso relativo de órgãos internos. O sacrifício foi realizado após as aves passarem por um período de jejum de seis horas. Antes do abate e decorrido o período de jejum, todas as codornas foram pesadas individualmente para a obtenção do peso vivo ao abate

(PVA). As codornas foram evisceradas e foram pesados os seguintes órgãos: pâncreas (g), pró-ventrículo (g), fígado (g), intestino (g), pulmão (g), coração (g) e oviduto (g), para posterior obtenção de seus pesos relativos. Em que o peso relativo (%) corresponde à divisão do peso do órgão (g) pelo peso da ave (g) multiplicado por 100.

2.6. Contagem diferencial leucocitária e relação heterófilo: linfócito

A contagem diferencial leucocitária foi realizada aos 126 dias de idade. Foram coletadas amostras de sangue de duas aves por unidade experimental (50 amostras), por punção da veia jugular e com uso de seringa heparinizada. Uma pequena amostra de sangue foi utilizada para a confecção dos esfregaços sanguíneos em lâminas de vidro, que foram coradas pelo método May Grunwald-Giemsa e os esfregaços foram observados ao microscópio de luz (Motic®, ds 300, Xiemen, China) com objetiva de 1000x para a realização da análise.

De acordo com a metodologia, 100 leucócitos de cada lâmina de sangue, inclusive os granulares (heterófilo, eosinófilo e basófilo) e não-granulares (linfócito e monócito), foram examinados e contados, utilizando o aplicativo MsCounter2, possibilitando o cálculo e determinação da porcentagem de cada um dos leucócitos. A relação heterófilo:linfócito foi realizada de acordo com o descrito por Campo & Dávila⁽¹³⁾, no qual essa relação foi calculada dividindo a porcentagem de heterófilos pela de linfócitos.

2.7. Análise estatística

As variáveis-resposta obtidas na avaliação de comportamento foram quantificadas em porcentagem e transformadas para $\log(x+1)$. A análise estatística dos dados para o experimento foi realizada por meio do programa estatístico RStudio⁽¹⁴⁾. 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).

$$Y_{ik} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon_{ik}$$

em que:

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

β_0 = constante geral;

β_1 = efeito do Trp;

β_2 = efeito do Trp ao quadrado;

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

As variáveis que apresentaram efeito dos tratamentos foram submetidas à análise de regressão polinomial para determinação dos modelos de melhor ajuste (linear ou quadrático),

conforme o melhor ajustamento dos dados obtidos para cada variável. Por meio do modelo quadrático, foi possível estimar os valores das exigências nutricionais.

3. Resultados

Não foi verificado efeito significativo do fator Trp digestível sobre o desempenho e a qualidade dos ovos de codornas japonesas na fase de postura (63 a 126 dias) (Tabelas 2 e 3). Para os pesos relativos dos órgãos (Tabela 4) observou-se para o peso do oviduto efeito quadrático, em que seu nível foi estimado em 0,24% de Trp digestível.

Tabela 2. Desempenho de codornas japonesas em postura (126 dias de idade) em função dos níveis de triptofano digestível

Variáveis	Trp (%)					EPM
	0,14	0,19	0,24	0,29	0,34	
PM (g)	169,86	167,80	171,25	170,66	171,65	0,927
CR (g.ave.dia ⁻¹)	24,76	24,68	24,68	23,73	24,60	0,357
TP (%)	86,40	87,19	85,36	83,39	85,20	0,916
MO (g.ave.dia ⁻¹)	9,42	9,48	9,34	9,03	9,33	0,111
VIA (%)	96,67	91,67	95,00	96,67	95,00	1,361
CAMO	2,64	2,63	2,66	2,66	2,66	0,032
CADZ	0,36	0,36	0,36	0,36	0,37	0,004
IPO (dias)	55,40	51,80	56,00	54,60	55,00	0,640
CTrp (mg.ave.dia ⁻¹)	34,67	46,89	59,23	68,83	83,64	3,579

Trp: triptofano digestível; EPM: erro padrão da média; PM: peso médio; CR: consumo de ração diário; TP: taxa de postura; MO: massa de ovos; VIA: viabilidade; CAMO: conversão alimentar por massa de ovos; CADZ: conversão alimentar por dúzia de ovos; IPO: idade ao primeiro ovo; CTrp: consumo de triptofano digestível

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

Qualidade ovos	Trp (%)					EPM
	0,14	0,19	0,24	0,29	0,34	
UH	95,61	96,65	96,45	95,58	96,53	0,223
IG	0,50	0,51	0,51	0,52	0,51	0,003
IA	0,16	0,16	0,16	0,15	0,16	0,002
GE (g.mL ⁻¹)	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	0,000
PO (g)	10,89	10,87	10,93	10,82	10,97	0,048
PC (g)	0,84	0,83	0,84	0,83	0,83	0,006
PG (g)	3,29	3,34	3,34	3,29	3,30	0,021
PA (g)	6,75	6,70	6,75	6,69	6,84	0,034
% Casca	7,71	7,65	7,65	7,69	7,57	0,036
% Gema	30,22	30,68	30,53	30,41	30,12	0,142
% Albúmen	62,07	61,67	61,81	61,90	62,32	0,149
PCSA	3,92	3,88	3,89	3,90	3,85	0,020
ESPC (mm)	0,20	0,21	0,21	0,20	0,21	0,001

Trp: triptofano digestível; EPM: erro padrão da média; UH: unidade Haugh; IG: índice de gema; IA: índice de albúmen; GE: gravidade específica; PO: peso de ovo; PC: peso de casca; PG: peso de gema; PA: peso de albúmen; PCSA: peso de casca por superfície de área; ESPC: espessura de casca

Tabela 4. Peso relativo dos órgãos de codornas japonesas em postura (126 dias de idade) em função dos níveis de triptofano digestível

Órgãos	Trp (%)					EPM
	0,14	0,19	0,24	0,29	0,34	
Pâncreas (%)	0,25	0,25	0,26	0,22	0,23	0,012
Pró-ventrículo (%)	0,52	0,48	0,53	0,49	0,45	0,011
Intestino (%)	4,25	4,20	4,22	4,04	4,17	0,120
Cl (cm)	63,23	65,30	65,37	60,15	62,23	1,043
Fígado (%)	3,72	3,25	3,40	3,31	3,41	0,108
Pulmão (%)	0,73	0,75	0,74	0,77	0,77	0,020
Coração (%)	0,87	0,83	0,77	0,84	0,85	0,017
Oviduto (%)	5,05	6,82	7,75	5,87	5,56	0,360

Equações de regressão	P-valor		Estimativas
	Trp	R ²	Trp (%)
Ov= -4,312+95,862Trp-199,429Trp ²	<0,019(Q)	0,90	0,24

Trp: triptofano digestível; EPM: erro padrão da média; Cl: comprimento intestino; cm: centímetros; Ov: oviduto; R²: coeficiente de determinação; Q: efeito quadrático

Com relação à contagem diferencial leucocitária (Tabela 5), o Trp digestível não influenciou os eosinófilos e heterófilos, no entanto, os basófilos apresentaram efeito linear decrescente e os linfócitos e monócitos efeito linear crescente, já a relação heterófilo:linfócito apresentou efeito quadrático, com nível estimado em 0,31% de Trp digestível.

Tabela 5. Contagem diferencial leucocitária e relação heterófilo:linfócito em codornas japonesas em postura (126 dias de idade) em função dos níveis de triptofano digestível

Células sangue	Trp (%)					EPM
	0,14	0,19	0,24	0,29	0,34	
Heterófilo (%)	52,00	35,60	33,20	32,20	21,40	2,032
Linfócito (%)	35,40	52,60	55,40	55,80	68,80	2,216
Monócito (%)	3,80	3,80	4,20	5,60	5,40	0,337
Eosinófilo (%)	5,20	5,40	5,60	5,00	3,20	0,353
Basófilo (%)	3,60	2,60	1,60	1,40	1,20	0,341
H:L	1,48	0,68	0,60	0,58	0,31	0,082

Equações de regressão	P-valor	R ²	Estimativas
	Trp		Trp (%)
H= 65,888-129,200Trp	<0,001 (L)	0,84	-
L= 20,000+140,000Trp	<0,001 (L)	0,82	-
M= 2,160+10,000Trp	<0,033 (L)	0,95	-
B= 3,452-6,800Trp	<0,009 (L)	0,90	-
H:L=3,599-20,381Trp+32,286Trp ²	<0,001 (Q)	0,84	0,31

Trp: triptofano digestível; EPM: erro padrão da média; H: heterófilo; L: linfócito; M: monócito; B: basófilo; H:L: relação heterófilo:linfócito; R²: coeficiente de determinação; L: efeito linear; Q: efeito quadrático



4. Discussão

Acredita-se que o triptofano esteja envolvido no estímulo do consumo, por meio de uma série de mecanismos relacionados. Ou seja, maiores níveis de triptofano aumentaram significativamente os níveis de grelina, concluindo que o aumento na ingestão de triptofano aumenta a expressão de grelina no fundo gástrico e a concentração nos níveis plasmáticos, consecutivamente aumentando o consumo, visto que a grelina é o hormônio responsável por estimular o apetite ⁽¹⁵⁾. De acordo com Landeiro & Quarantine ⁽¹⁶⁾, a administração de triptofano pode aumentar a síntese de serotonina em até duas vezes, no entanto, necessitam-se de maiores evidências que o aumento da liberação de serotonina irá desencadear esse notável aumento do consumo.

No estudo conduzido, devido à falta de efeito significativo dos níveis de Trp digestível sobre as variáveis de desempenho o menor nível utilizado (0,14%) é o recomendado para codornas japonesas em postura, devido não ocorrer muitas variações nos valores das variáveis analisadas e, dessa forma, o aumento no nível de triptofano não contribuiu para aumento no consumo e possível maximização no desempenho ⁽¹⁷⁾. Ou, talvez, os níveis dietéticos de triptofano não foram suficientes para que fossem verificados efeitos significativos.

Corroborando Rizzo *et al.* ⁽¹⁷⁾, em um experimento para estudar o efeito de diferentes planos alimentares, de acordo com os níveis de triptofano, sobre o desempenho em codornas japonesas em postura (45 a 146 dias de idade), concluíram que os níveis de triptofano testados não influenciaram no desempenho de codornas japonesas na fase de postura. Desta forma, o menor nível ofertado (0,23% de Trp) foi o estipulado para a fase de postura, respeitando os níveis nutricionais de proteína e energia dos planos alimentares.

O NRC ⁽¹⁸⁾ recomenda 0,19% de triptofano digestível para codornas japonesas na fase de postura, em dietas com 20% de proteína bruta e 2900 Kcal/kg de energia metabolizável, sendo esse valor acima do recomendado neste estudo. Já Rostagno *et al.* ⁽⁹⁾ determinaram a exigência de 0,24% de triptofano digestível para codornas japonesas com 190 g de peso vivo na fase de postura. Essa exigência também é maior que a determinada no presente estudo, porém deve-se levar em consideração o peso das aves, uma vez que neste estudo o peso médio das codornas é inferior, também resultando em diferenças nas exigências.

Em um estudo de exigências de aminoácidos para codornas, determinaram a exigência de 0,17% de Trp para codornas japonesas em postura ⁽⁴⁾. O recomendado por esses autores é o valor que mais se aproxima do recomendado para a fase de postura no presente trabalho (0,14% de Trp digestível). Já Silva & Costa ⁽¹⁹⁾ recomendam 0,18% e 0,20% de Trp para codornas japonesas nas fases de postura I e II, respectivamente, sendo observada também nesta situação uma maior exigência de triptofano digestível. Os autores Shim & Lee ⁽²⁰⁾ também determinaram a exigência de 0,18% de triptofano digestível para codornas japonesas em postura, objetivando uma ótima produção de ovos e eficiência alimentar.

Outro fator relevante é a determinação da relação triptofano:lisina para que não comprometa a conversão do triptofano em seus produtos nas vias metabólicas aos quais

participa (serotonina, melatonina, niacina) e, ainda, permita a renovação celular e reponha as perdas gastrintestinais, garantindo um padrão ideal de manutenção no animal ⁽²¹⁾.

Assim sendo, considerando os resultados obtidos e visando o máximo desempenho para codornas japonesas na fase de postura (63 a 126 dias de idade) as rações podem ser formuladas com 0,14% de Trp digestível e uma relação ideal triptofano:lisina de 13%, com um consumo diário de triptofano de 34,67 mg. Desta forma, a correta determinação das exigências na fase de postura é muito importante, pois permite que a ave mantenha uma adequada produção de ovos, além de prolongar seu período de postura ⁽²²⁾.

É provável que essa menor exigência em triptofano digestível no período de 63 a 126 dias de idade é devido ao uso de rações adequadas e que atendam às exigências em todos os nutrientes das codornas, de modo que o mínimo oferecido foi o suficiente para um adequado desenvolvimento nas codornas, não afetando o desempenho na postura e comprovando que a suplementação com triptofano digestível objetivando melhora no desempenho, não é interessante ^(17,22).

Com relação a avaliação da qualidade de ovos no estudo, todas as variáveis analisadas apresentaram valores muito próximos, independentemente do nível de triptofano digestível ofertado, de modo que este aminoácido não influenciou em características importantes como o peso do ovo, qualidade de casca, gema e albúmen.

Pesquisadores Santos *et al.* ⁽²³⁾ discorrem que a porcentagem de albúmen corresponde a 60% do ovo, sendo composta por água e proteínas, principalmente a albumina. Já a gema corresponde a 30-32% do peso do ovo e é constituída por água, proteínas e lipídeos. Os resultados obtidos no presente estudo são muito próximos aos estipulados por esses autores, independentemente do nível de triptofano ofertado na dieta, indicando que o triptofano não possui papel importante na alteração dessas características de valor nutricional e qualidade do ovo.

Outro parâmetro que pode ser influenciado pelo triptofano e foi avaliado foi o peso relativo de órgãos reprodutivos, em que o peso de oviduto apresentou efeito quadrático e o oviduto apresenta crescimento até atingir o nível de 0,24% de triptofano digestível e a partir de então tem seu crescimento reduzido. Devido às codornas estarem em postura, esse comportamento de desenvolvimento de oviduto é adequado ⁽²⁴⁾, porém níveis superiores a 0,24% de triptofano digestível, afetam o desenvolvimento desse órgão, no entanto, não foi verificada redução na postura ou no peso dos ovos de codornas japonesas com o aumento do nível de triptofano digestível.

É importante notar que o fato do triptofano influenciar o oviduto na fase de postura, pode indicar que este aminoácido influencie no desenvolvimento do mesmo em codornas japonesas ⁽²⁵⁾. De acordo com Lima ⁽²⁶⁾, o aumento no nível de triptofano para codornas japonesas melhorou o desenvolvimento do magno (glândulas tubulares mais ativas) e do útero (aumento da quantidade de dobras secundárias, resultando em hiperplasia), de modo que, possivelmente, o fornecimento de níveis de triptofano possa acelerar o desenvolvimento do oviduto.

Em aves deve-se considerar que alterações no perfil hematológico podem indicar uma condição de estresse no animal, que pode ter surgido devido alguma condição ambiental, nutricional ou patológica ⁽²⁷⁾. Uma forma eficiente de avaliar o grau de estresse e/ou bem-estar na ave é por meio da relação heterófilo:linfócito, que sofre alteração quando ocorre um aumento nos valores de heterófilo e uma redução nos de linfócito ⁽²⁸⁾. Quando se realiza a análise de contagem diferencial leucocitária, deve-se considerar que os valores obtidos apresentam variações em função da espécie, da população, fatores genéticos, do território, habitat, sexo, idade, estado fisiológico, estação do ano, manejo, densidade de lotação, número de amostras utilizadas, entre outros ⁽²⁹⁾.

Aos 126 dias de idade, no presente estudo, observou-se uma diminuição da porcentagem de heterófilo e aumento na porcentagem de linfócitos com o aumento dos níveis de Trp digestível, confirmando possivelmente redução no estresse. Verifica-se que os menores níveis de triptofano ofertados podem indicar maior estado de estresse nas aves, devido a uma maior concentração de heterófilos, pois de acordo com Rosa et al. ⁽²⁸⁾, o aumento de heterófilos na circulação sanguínea indica uma condição de estresse no animal, ou processo infeccioso.

Esse fato pode estar relacionado ao menor aporte de triptofano para a síntese de serotonina e essa redução na síntese de serotonina pode prejudicar a regulação do comportamento, como o estresse. De acordo com Sarcinelli et al. ⁽³⁰⁾, o triptofano possivelmente reduz o comportamento agressivo em codornas japonesas e desta forma, a suplementação, ou o uso de maiores níveis de triptofano na postura, pode ser uma alternativa para diminuir o estresse das aves. Dessa forma, confirma-se que a relação heterófilo:linfócito (H:L) é um parâmetro bastante eficiente para a mensuração de grau de bem-estar em galinhas, sendo essa relação alterada devido ao aumento de heterófilos e a redução de linfócitos, indicando uma redução no bem-estar do animal ⁽²⁸⁾.

No presente estudo, foi observado que a relação H:L também diminuiu com o aumento dos níveis de triptofano digestível e, de acordo com Gross & Siegel ⁽³¹⁾, a relação H:L demonstra ser um bom indicador do estresse social. Esses autores ainda indicam a existência de três valores que são utilizados para identificar o grau de estresse para galinhas, e que se baseiam no quociente entre heterófilos e linfócitos (H:L): 0,2 que indica estresse baixo, 0,5 estresse intermediário e 0,8 para estresse alto.

De acordo com os resultados obtidos para a relação H:L, o maior nível de triptofano (0,34%) indicou estresse baixo, os níveis de 0,19%, 0,24%, 0,29% de Trp indicaram estresse intermediário e o menor nível (0,14% de Trp) indicou alto estresse. Assim, o triptofano confirma sua atuação na manutenção do bem-estar e regulação da imunidade para codornas japonesas ^(30,31).

Ainda, o valor obtido para o menor nível de triptofano digestível extrapola os valores utilizados por Gross & Siegel ⁽³¹⁾, para classificação do grau de estresse, indicando estado de estresse severo nessas codornas. Considerando que as codornas são aves tipicamente agitadas e estressadas, esse seu comportamento também pode ter influenciado na obtenção

desses maiores valores, ou mesmo, a atuação de mecanismos que regulam o estresse podem ter sido suprimidos com esse menor nível.

Com relação à resposta imune, discorre que em processos inflamatórios ocorre a ativação da enzima indoleamina dioxigenase (IDO), que irá catabolizar o triptofano em seus metabólitos que possuem participação na modulação da resposta imune, seja inibindo a proliferação de linfócitos T ou induzindo a apoptose das mesmas células⁽³²⁾. Em situações de estresse ocorre a produção de hormônios como o cortisol que estimula a expressão da enzima triptofano dioxigenase (TDO). Assim, destaca-se que a enzima IDO e TDO apresentam papel imunoregulatório nesse mecanismo de depleção de triptofano^(1,33). Desta forma, no presente estudo, foi observado que os maiores níveis de triptofano fornecidos possibilitaram aumento no número de linfócitos, indicando uma possível situação de bem-estar, que pode estar relacionada à via da serotonina, um neurotransmissor que afeta o comportamento, secreção do hormônio do estresse e a imunidade⁽³⁴⁾.

Os valores hematológicos para codornas japonesas em postura encontrados neste estudo são importantes para que se obtenha valores de referência para animais desta espécie, devido à divergência de informações sobre o presente assunto na literatura. A manutenção do bem-estar na fase de postura é essencial para que as codornas sejam menos estressadas e aumentem a sua imunidade, resultando em animais mais saudáveis e que desta forma possam maximizar a produção de ovos.

5. Conclusão

A exigência de 0,14% de triptofano digestível, relação triptofano:lisina digestível de 13% e consumo de 34,67 mg/ave/dia de triptofano digestível, para codornas na fase de postura (63 a 126 dias de idade), foi suficiente para manter o desempenho e a qualidade dos ovos. No entanto, devido algumas variáveis apresentarem diferenças significativas de acordo com os diferentes níveis de triptofano digestível que foram disponibilizados, conclui-se ainda que o aminoácido triptofano é relevante no desenvolvimento de órgãos relacionados a reprodução e na redução do estresse.

Declaração de conflito de interesse

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Contribuições do autor

Conceituação: E.M. Finco e S.M. Marcato. *Curadoria de dados:* E.M. Finco. *Análise formal:* E.M. Finco. *Aquisição de financiamento:* E.M. Finco. S.M. Marcato e P.C. Pozza. *Gestão do projeto:* E.M. Finco. *Metodologia:* E.M. Finco e S.M. Marcato. *Supervisão:* S.M. Marcato e P.C. Pozza. *Investigação:* E.M. Finco, S.M. Marcato, C.E. Stanquevis e M.I. Benites. *Visualização:* E.M. Finco. *Redação (rascunho original):* E.M. Finco. *Redação (revisão e edição):* E.M. Finco.

Referências

1. Le Floc'h N, Otten W, Merlot E. Tryptophan metabolism, from nutrition to potential therapeutic applications. *Amino Acids*. 2011;41(5):1195-1205. <https://doi.org/10.1007/s00726-010-0752-7>
2. Le Floc'h N, Seve B. Biological roles of tryptophan and its metabolism: potential implications for pig feeding. *Livest. Sci*. 2007;112(1-2):23-32. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.07.002>
3. Lima MR, Costa FGP, Guerra RR, Silva JHV, Rabello CB, Miglino MA, Nogueira ET, Pinheiro SG. Digestible tryptophan:lysine ratio for laying hens. *R. Bras. Zootec*. 2012;41(10):2203-2210. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012001000010>
4. B. Pastuszewska, D. Tomaszewska-Zaremba, L. Buraczewska, E. Świąch, M. Taciak. Effects of supplementing pig diets with tryptophan and acidifier on protein digestion and deposition, and on brain serotonin concentration in young pigs. *Animal Feed Science and Technology*. Volume 132, Issues 1–2, 2007, Pages 49-65: 0377-8401, <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2006.02.006>
5. Henry Y, Sève B, Colléaux Y, Ganier P, Saligaut C, Jégo P. Interactive effects of dietary levels of tryptophan and protein on voluntary feed intake and growth performance in pigs, in relation to plasma free amino acids and hypothalamic serotonin. *J Anim Sci*. 1992 Jun;70(6):1873-87. <https://doi.org/10.2527/1992.7061873x>
6. Allen NK, Young RJ. Studies on the amino acid and protein requirements of laying Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Poult. Sci*. 1980;59(9):2029-2037. <https://doi.org/10.3382/ps.0592029>
7. Leeson S, Summer JD. Commercial poultry nutrition. 3rd ed. Guelph: University Books; 2008. 413p. English. (https://www.agropustaka.id/wp-content/uploads/2020/04/agropustaka.id_buku_Commercial-Poultry-Nutrition-3rd-Edition-by-S.-Leeson-J.-D.-Summers.pdf)
8. Pinheiro SRF, Barreto SLT, Albino LFT, Rostagno HS, Umigi RT, Brito CO. Efeito dos níveis de triptofano digestível em dietas para codornas japonesas em postura. *R. Bras. Zootec*. 2008;37(6):1012-1016. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000600009>
9. Rostagno HS, Albino LFT, Hannas MI, Donzele JL, Sakomura NK, Perazzo FG, Saraiva A, Abreu MLT, Rodrigues PB, Oliveira RF, Barreto SLT, Brito CO. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4th ed. Universidade Federal de Viçosa: Viçosa, MG; 2017. 488p. Portuguese. https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4532766/mod_resource/content/1/Rostagno%20et%20al%202017.pdf
10. Rostagno HS, Albino LFT, Donzele JL, Gomes PC, Oliveira RF, Lopes DC, Ferreira AS, Barreto SLT, Euclides RF. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3rd ed. Universidade Federal de Viçosa: Viçosa, MG; 2011. 252p. Portuguese. <file:///D:/Downloads/Tabela-2011.pdf>
11. Hamilton RMG. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. *Poult. Sci*. 1982;61(10):2022-2039. <https://doi.org/10.3382/ps.0612022>
12. Rodrigues PB, Bertechini AG, Oliveira BC, Teixeira AS, Oliveira AIG. Fatores nutricionais que influenciam a qualidade do ovo no segundo ciclo de produção. I. Níveis de aminoácidos sulfurosos totais. *Rev. Soc. Bras. Zootec*, v.25, p.248-260, 1996. <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/35803>
13. Campo JL, Dávila SG. Influence of mating ratio and group size on indicators of fearfulness and stress hens and cocks. *Poult. Sci*. 2002;81(8):1099-1103. <https://doi.org/10.1093/ps/81.8.1099>
14. R development core team. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria, 2014. (<http://www.rproject.org.2014>)
15. Zhang H, Yin J, Li D, Zhou X, Li X. Tryptophan enhances ghrelin expression and secretion associated with increased food intake and weight gain in weanling pigs. *Domest Anim Endocrinol*. 2007 Jul;33(1):47-61. doi: <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2006.04.005>.
16. Landeiro FM, Quarantini LC. Obesidade: controle neural e hormonal do comportamento alimentar. *Revista Ciên. Méd. Biolo*. 2011;10(3):236-245. <https://doi.org/10.9771/cmbio.v10i3.5883>
17. Rizzo PV, Guandolini GC, Amoroso L, Malheiros RM, Moraes VMB. Triptofano na alimentação de codornas japonesas nas fases de recria e postura. *R. Bras. Zootec*. 2008;37(6):1017-1022 <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000600010>

18. National Research Council - NRC. 1994. Nutrient requirements of poultry. 8st ed. National Academy Press, Washington, D.C; 1994. 174p.
19. Silva JHV, Costa FGP. Tabelas para codornas japonesas e européias. 2st ed. Funep, Jaboticabal; 2009. 107p. Portuguese.
20. Shim KF, Lee TK. Effect of dietary essential amino acids on egg production of laying Japanese quail. *Sing. Journal of Primary Industry*. 1993;950(21):72-75. https://www.jstage.jst.go.jp/article/chikusan1924/64/8/64_8_797/_pdf/-char/ja
21. Hahn JD, Baker DH. Optimum ratio to lysine of threonine, tryptophan, and sulfur amino acids for finishing swine. *Journal of Animal Science*. 1995;73(2):482-489. <https://doi.org/10.2527/1995.732482x>
22. Deponti BJ, Faria DE, Filho DEF, Rombola LG, Araujo LF, Junqueira OM. Exigências de triptofano e padrão de recuperação do desempenho de poedeiras comerciais após alimentação com rações deficientes em triptofano. *R. Bras. Zootec*. 2007;36(5):1324-1330. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000600014>
23. Santos DC, Oliveira ENA, Mota JKM, Dantas RT, Peixoto JPN. Características físicas e químicas de ovos comerciais de codornas das linhagens japonesa e americana. *Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais*. 2011; 9(3):299-306. <http://dx.doi.org/10.7213/cienciaanimal.v9i3.12386>
24. Freitas EB, Murakami VY, Raineri Neto R, Filadelpho AL, Montanha FP, Pereira REP. Estudo anatomo-fisiológico do sistema reprodutivo feminino das aves na formação dos ovos – revisão de literatura. *Revista científica eletrônica de medicina veterinária*. 2011; 9(17):1-12. ISSN: 1679-7353 [TaWTcM4jl8XNbm_2013-6-27-15-30-45.pdf](http://www.scielo.br/ta/wtcm4jl8xnbm_2013-6-27-15-30-45.pdf) (revista.inf.br)
25. Costa JHS, Saraiva EP, Costa FGP, Santos LFD. Diferentes relações triptofano digestível: Lisina digestível sobre parâmetros fisiológicos e órgãos internos de poedeiras leves. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. 2012;7(4):56-63. <https://doi.org/10.18378/rvads.v7i4.1394>
26. Lima MR. Exigências nutricionais de treonina e triptofano para codornas japonesas e galinhas poedeiras leves em postura. Engormix [Internet]. 2013. Apr [cited 2018 Jun 06]. Available from: <https://pt.engormix.com/avicultura/artigos/exigencias-nutricionais-treonina-triptofano-t38410.htm>
27. Islam MS, Lucky NS, Islam MR, Ahad A, Das BR, Rahman MM, Siddiui MSI. Haematological parameters of fayoumi, assil and local chicken s reared in sylhet region in Bangladesh. *Int. J. Poult Sci*. 2004; 3(2):144-147. <https://doi.org/10.3923/ijps.2004.144.147>
28. Rosa GA, Sorbello LA, Dittrich RL, Moraes MTT, Oliveira EG. Perfil hematológico de codornas japonesas (*Coturnix japonica*) sob estresse térmico. *Revista Ciênc. Rural*. 2011; 41(9):1-6. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011005000110>
29. Vila LG. Hematologia em aves: Revisão de literatura. In: *Seminários Aplicados (Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal)*. Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2013; 40p. Portuguese. https://files.cercomp.ufg.br/web/up/67/o/2013_Laura_Garcia_Seminario1corrig.pdf
30. Sarcinelli MF, Sakomura NK, Silva EP, Venturini KS, Dorigam JCP, Revizani I. Tryptophan intake for maintenance of Japanese quail. In: *1st International meeting of advances in animal science*. Jaboticabal-São Paulo. 2016; 1p. ISSN: 2448-4385
31. Gross WB, Siegel HS. Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. *Avian Diseases Athens*. 1983;27(4):972-979. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6360120/>
32. Pedrosa AMC. Triptofano, melatonina e seus produtos de oxidação: Ações sobre os linfócitos T. Tese (D.Sc.) Faculdade de ciências farmacêuticas, São Paulo, SP. 2007; 150p. Portuguese. <https://doi.org/10.11606/T.9.2007.tde-26032007-140112>
33. Finco EM, Grieser DO, Marcato SM. Exigência de triptofano digestível para codornas japonesas. *Ciênc. Anim*. 2021;31(2):93-104. <https://revistas.uece.br/index.php/cienciaanimal/article/view/9361>.
34. Henry Y, Séve B, Colleaux Y, Ganier P, Saligaut C, Jégo P. Interactive effects of dietary levels of tryptophan and protein on voluntary feed intake and growth performance in pigs, in relation to plasma free amino acids and hypothalamic serotonin. *J. of Anim. Sci*. 1992;70(6):1873-1887. <https://doi.org/10.2527/1992.7061873x>