

## Pigmentantes naturais em dietas de codornas japonesas a base de arroz integral descascado e não polido

Castro, M.L.S.<sup>1</sup>; Silva, S.N.<sup>1\*</sup>; Bavaresco, C.<sup>1</sup>; Dias, R.C.<sup>1</sup>; Gopinger, E.<sup>2</sup>; Xavier, E.G.<sup>1</sup>; Lopes, D.C.N.<sup>1</sup>; Roll, V.F.B.<sup>1</sup>; Rutz, F.<sup>1</sup>; Schafhauser Jr, J.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Zootecnia. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas. Brasil.

<sup>2</sup>Instituto Federal de Ciências e Tecnologia do Rio Grande do Sul. Sertão.

<sup>3</sup>Estação Experimental Terras Baixas. EMBRAPA Clima Temperado. Pelotas. Brasil.

### PALAVRAS CHAVE ADICIONAIS

Beterraba.  
Coloração de gema.  
Feno de alfafa.  
Postura.  
Urucum.

### ADDITIONAL KEYWORDS

Alfafa.  
Annatto.  
Beet.  
Lay.  
Yolk color.

### INFORMATION

Cronología del artículo.  
Recibido/Received: 30.07.2018  
Aceptado/Accepted: 16.04.2020  
On-line: 15.07.2020  
Correspondencia a los autores/Contact e-mail:  
suelennunesdasilva@hotmail.com

### INTRODUÇÃO

Submetidas à seleção e melhoramento genético durante séculos por japoneses, as codornas utilizadas no Brasil para produção de ovos (*Coturnix coturnix japonica*), possuem altos índices de produtividade (80 a 95%), exigindo pequena área para produção (320 a 400 aves/m<sup>2</sup>).

Essas aves são precoces e iniciam a postura entre 35 e 40 dias de idade (Ouaffai et al. 2018, p. 169), produzindo, em média, cerca de 300 ovos por ciclo produtivo de 12 meses (Albino & Barreto 2003, p. 289; Pastore et al. 2012, p. 2046).

Dentre os fatores importantes para o sucesso da criação de codornas, a nutrição deve receber uma aten-

### RESUMO

Desenvolveu-se um experimento a fim de verificar o efeito da inclusão de pigmentos naturais, feno de alfafa (FA), colorífico de urucum (U) e beterraba (B), em uma dieta a base de arroz integral descascado e não-polido e farelo de soja sobre a coloração das gemas dos ovos de codornas. Foram utilizadas 100 codornas japonesas com 70 dias de idade. Os tratamentos foram T1: dieta controle (arroz integral descascado e não-polido em substituição total ao milho); T2: T1 + de 4% FA; T3: T1 + de 8% FA; T4: T1 + de 12% FA; T5: T1 + 4% de U; T6: T1 + 8% de U; T7: T1 + 12% de U; T8: T1 + 4% de B; T9: T1 + 8% de B; e T10: T1 + 12% de B. Ao final de 15 dias foram verificadas as colorações das gemas dos ovos com colorímetro. O feno de alfafa promoveu diminuição da luminosidade e a cor variou do verde ao amarelado. Houve também aumento da saturação da cor com o aumento dos níveis de feno de alfafa na dieta ( $P < 0,05$ ). O acréscimo da concentração de colorífico de urucum na dieta diminuiu a luminosidade das gemas, acentuou a tonalidade vermelha e a saturação da cor ( $P < 0,05$ ), e a beterraba não apresentou efeito sobre quaisquer dos parâmetros de coloração de gemas ( $P > 0,05$ ). O feno de alfafa e o colorífico de urucum podem ser utilizados como pigmentantes naturais na dieta de codornas japonesas a base de arroz integral até o nível de 12% de inclusão.

### Natural pigments in Japanese quails fed with whole rice

### SUMMARY

A trial was conducted to evaluate the inclusion of natural pigments, alfalfa meal (FA), annatto (U) and sugar beet (B) in a diet based on peeled and unpolished whole rice and soybean meal. A total of 100 70-day-old Japanese quails were used. Treatments were T1: control diet (peeled and unpolished whole rice in full replacement of corn); T2: T1 + 4% FA; T3: T1 + 8% FA; T4: T1 + 12% FA; T5: T1 + 4% U; T6: T1 + 8% U; T7: T1 + 12% U; T8: T1 + 4% B; T9: T1 + 8% B; and T10: T1 + 12% B. After 15 days of trial yolk colour was measured with a colorimeter. Alfalfa meal decreased brightness and the colour ranged from green to yellowish. Additionally, colour saturation was augmented with increased levels of alfalfa meal in the diets ( $P < 0.05$ ). The increased concentration of annatto in the diets reduced the brightness of yolks and increased the red and colour saturation ( $P < 0.05$ ), and the sugar beet had no effect in any of the yolk parameters measured ( $P > 0.05$ ). Alfalfa meal and annatto may be used as natural pigments to Japanese quails diets based on peeled and unpolished whole rice up to the level of 12% inclusion.

ção especial, visto que contribui com o maior percentual dos custos da produção. As dietas de aves são compostas basicamente por uma mistura balanceada de vários ingredientes como cereais, farelo de soja, farinhas de resíduos da indústria animal, gorduras, vitaminas e minerais, que juntamente com a água, possibilitam saúde, pleno desenvolvimento e reprodução. Além destes ingredientes, as dietas podem incluir outros constituintes que não são classificados como nutrientes, como xantofilas, promotores de crescimento, presentes em alguns ingredientes naturais e agentes antimicrobianos (NRC 1994, p. 155). Os cereais utilizados em maior proporção nas dietas são o milho (fonte energética) e o farelo de soja (fonte proteica). Duas *commodities*, que, além de serem utilizadas na alimentação humana, nas últimas décadas, vêm sendo direcionadas à produção de fontes energéticas ecologicamente sustentáveis, como etanol e biodiesel (CONAB 2015, p. 159). Isso faz com que seus preços flutuem de encontro à economia da produção avícola e direcionem as pesquisas na busca de outras fontes alternativas de energia e/ou proteína na dieta de aves, tais como o arroz e seus subprodutos. A utilização de alimentos alternativos ao milho e à soja podem diminuir os custos de produção, mas deve-se evitar que ocorram prejuízos no desempenho e na qualidade dos ovos das codornas (Maciel et al. 2019, p. 110).

O arroz é uma gramínea anual adaptada a solos alagados e que se desenvolve bem, mesmo com pouca disponibilidade de água (Guimarães et al. 2002, p. 12). Excelente fonte de energia, devido à alta concentração de amido no grão, fornece também proteínas, vitaminas e minerais, além de possuir baixo teor de lipídios (Walter et al. 2008, p. 1185). Porém, seu teor em minerais não reflete, necessariamente, a maior biodisponibilidade dos mesmos, uma vez que grande parte destes pode estar complexada com outros componentes, tais como fibra e fitatos, e, portanto, indisponíveis ao metabolismo (Denardin et al. 2004, p. 126). A proteína do arroz é de alta qualidade, se comparada a de outros grãos, devido à sua composição em aminoácidos (principalmente lisina) e digestibilidade (Perez et al. 1987, p. 388). Em sua composição lipídica apresenta ácidos graxos insaturados, tendo em maiores quantidades os ácidos oleico monoinsaturado (em concentração de 0,95% no grão) e linoleico, poli-insaturado, encontrado em 0,69%, (Paucar-Menacho et al. 2007, p. 46). O conteúdo de amilose do arroz se encontra ao redor de 24,6 a 28,8%, porém, este carboidrato, constituído por unidades de glicose unidas em formato linear, resiste em parte à digestão (Perez et al. 1987, p. 389). Apresenta pouca concentração de provitamina A, uma vez que o endosperma é livre de carotenoides, mesmo que alguns traços destes elementos possam estar presentes no farelo (Frei & Becker 2005, p. 2381). Isso determina a pouca pigmentação das gemas dos ovos, uma vez que a pigmentação resulta da deposição de xantofilas (grupo de pigmentos carotenoides) na gema do ovo (Garcia et al. 2002, p. 4; Garcia et al. 2009, p. 691).

Em busca da manutenção da cor dentro de padrões desejados, a adição de pigmentantes artificiais tornou-se prática usual, uma vez que apresentam estabilidade quando submetidos a condições ambientais (Bobbio &

Bobbio 2001, p. 152; Silva et al. 2019, p. 488). Pesquisas, no entanto, demonstram graus variados de toxicidade entre os pigmentantes artificiais, determinando a restrição ou mesmo proibição do seu uso em diversos países (Silva 2007, p. 159).

Os principais pigmentantes naturais de aplicação na indústria de alimentos são os carotenoides, as antocianinas, a clorofila, a riboflavina, as betalaínas e os caramelos (Oliveira et al. 2007, p. 1529). Há alguns ingredientes potencialmente pigmentantes, incluindo a alfafa (*Medicago sativa*) e o urucum (*Bixa orellana* L.), fontes de carotenoides, e a beterraba (*Beta vulgaris* L.), fonte de betalaínas.

Objetivou-se com este estudo verificar a utilização de feno de alfafa, colorífico de urucum e beterraba, como pigmentantes naturais, na dieta de codornas a base de arroz integral e farelo de soja, e seu efeito na coloração das gemas dos ovos.

## MATERIAL E MÉTODOS

### INSTALAÇÕES E ANIMAIS EXPERIMENTAIS

O experimento foi aprovado previamente pela Comissão de Ética em Experimentação Animal (CEEA) da UFPel sob o número 2167. Foram utilizadas 100 codornas de postura (*Coturnix coturnix japonica*), com 70 dias de idade, alojadas em gaiolas metálicas, equipadas com comedouros tipo calha e bebedouros automáticos tipo *nipple*, no Setor de Avicultura do Laboratório de Ensino e Experimentação Zootécnica Prof. Renato Rodrigues Peixoto (LEEZO), do Departamento de Zootecnia, da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, na Universidade Federal de Pelotas (UFPel), no município de Capão do Leão, RS. A unidade experimental foi formada por duas aves. Durante todo o período experimental as aves tiveram acesso *ad libitum* à ração e à água. O programa de iluminação utilizado foi de 17h de luz e 7h de escuro, controlado por relógio *timer* automático (Albino & Barreto, 2003).

### DIETAS E TRATAMENTOS

Uma vez que foram utilizados o feno de alfafa e a beterraba como fontes naturais de pigmentantes, houve a necessidade de processá-los, a fim de poderem ser adicionados uniformemente às dietas. O colorífico de urucum, industrialmente produzido, não passou por processamento adicional para ser utilizado.

O feno de alfafa foi adquirido em estabelecimento especializado. Passou por pré-secagem em estufa de ar forçado a 60 °C por três dias. Após, foi moído, com peneira quatro. Em seguida foi adicionado às dietas, a partir de sua composição nutricional, de acordo com a análise de proteína bruta efetuada no Laboratório de Nutrição Animal (LNA/DZ/FAEM/UFPel) e valores de energia metabolizável, fibra bruta e extrato etéreo, segundo o NRC (1994, p. 155).

A beterraba crua foi descascada e processada em multiprocessador, resultando em fatias de 6mm x 5 cm, segundo Rosa (2010, p. 96). Foi, então, levada ao forno de micro-ondas em porções de 150 g por 10 minutos, a fim de sofrer prévia desidratação. Posteriormente, passou por pré-secagem em estufa de ar forçado a

60 °C por três dias. Posteriormente, foi moída, com peneira quatro. Foram determinados a proteína bruta (PB), o extrato etéreo (EE) e a fibra bruta (FB) no LNA. Então, adicionou-se a cada uma das dietas, levando-se em consideração sua composição nutricional e valor de energia metabolizável (EM), de acordo com Böhme et al. (2001, p. 199), que determinaram o teor de açúcar contido na beterraba (75,96%), e utilizando-se a fórmula de Janssen (1989, p. 169) para determinação da EM corrigida (EMn), em que:  $EMn = 40,01 \times \% \text{ açúcar}$ , totalizando 3.039,16 kcal/kg.

As composições nutricionais do colorífico de urucum, feno de alfafa e beterraba estão descritas na **Tabela I**. As dietas foram formuladas para atender as exigências de codornas de postura se acordo com Ros-tagno et al. (2011, p. 189).

Os tratamentos consistiram na adição de feno de alfafa (FA), colorífico de urucum (U) e beterraba (B) às dietas contendo arroz integral descascado e não-polido como fonte de pigmentantes naturais, em concentrações de 4, 8 e 12%, obtendo-se T1: dieta controle (contendo arroz integral descascado e não-polido); T2: T1 + de 4% FA; T3: T1 + de 8% FA; T4: T1 + de 12% FA; T5: T1 + 4% de U; T6: T1 + 8% de U; T7: T1 +12% de U; T8: T1 + 4% de B; T9: T1 + 8% de B; e T10: T1 + 12% de B. Cada tratamento, cuja composição nutricional está demonstrada na **Tabela II**, apresentou cinco repetições com duas aves cada uma, sendo a unidade experimental composta por duas aves.

**ANÁLISE DE PIGMENTAÇÃO DAS GEMAS**

Todas as aves receberam, inicialmente, a dieta controle (T1) por 15 dias, quando foi possível observar a coloração uniformemente esbranquiçada das gemas. A partir de então, foram administradas as dietas experimentais por 15 dias. No 14° e 15° dias, coletou-se 13 ovos por tratamento, que foram levados ao Laboratório de Análise Sensorial do DZ/FAEM/UFPel para análise da coloração das gemas cruas, através de método colorimétrico, utilizando o equipamento Minolta CR-200b.

**Tabela I.** Composição nutricional do feno de alfafa (*Medicago sativa*), colorífico de urucum (*Bixa orellana* L.) e beterraba (*Beta vulgaris* L.) (Nutritional composition of alfalfa meal (*Medicago sativa*), annatto (*Bixa orellana* L.) and sugar beet (*Beta vulgaris* L.)).

Constituinte	Feno de alfafa	Colorífico de urucum	Beterraba
PB (%)*	18,00	-	12,71
EE (%)	2,50	0,05	0,09
FB (%)	24,10	0,15	7,49
CHO (%)**	-	0,75	-
EM <sub>n</sub> (kcal/kg)	1.200	-	3.039
EB (kcal/kg)**	-	3.400	-

PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FB: fibra bruta; CHO: carboidratos; EM: energia metabolizável; EB: energia bruta. \*Determinado no Laboratório de Nutrição Animal (LNA/DZ/FAEM/UFPel); \*\*Valores informados pelo fabricante.

Fonte: NRC (1994).

Foram obtidos os parâmetros L\* (Luminosidade), a\* (vermelho) e b\* (amarelo), sendo calculado o Cromo, através da fórmula  $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$  e o valor angular de  $H^\circ = \tan^{-1} (b^*/a^*)$ .

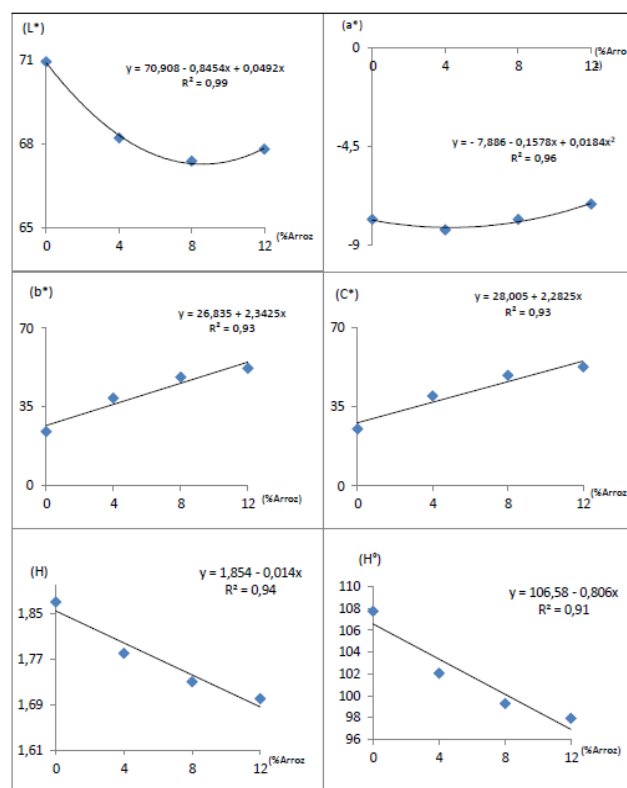
**DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA**

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos a ANOVA e as médias comparadas pelo PROC REG do programa SAS (SAS, 2002). O modelo de regressão polinomial foi selecionado baseado no nível de significância (P<0,05) e no coeficiente de determinação.

**RESULTADOS**

Quando foi utilizado feno de alfafa como pigmentante natural nas dietas de codornas japonesas a base de arroz integral descascado e não-polido, obteve-se efeito quadrático nos parâmetros L\* (P= 0,0424) e a\* (P=0,0003); linear crescente para b\* e C\* (P<0,0001), e linear decrescente para H e H° (P<0,0001). Os resultados de colorimetria estão demonstrados na **Tabela III** e os das análises de regressão na **Tabela IV**.

Na **Figura 1** é possível verificar o comportamento dos parâmetros de coloração das gemas dos ovos de codornas japonesas alimentadas com dietas a base de arroz integral descascado e não-polido acrescidas de feno de alfafa, através de regressão, a partir dos dados



**Figura 1.** Parâmetros de cor em gemas de ovos de codornas japonesas alimentadas com dietas a base de arroz integral descascado e não-polido acrescidas de feno de alfafa (*Medicago sativa*) (Colors parameters in Japanese quail egg yolks fed diets based on peeled and unpolished whole rice with alfalfa meal (*Medicago sativa*)).

**Tabela II.** Composição nutricional das dietas de codornas japonesas a base de arroz integral descascado e não-polido, acrescido ou não de pigmentantes naturais (Nutritional composition of Japanese quail diets, based on peeled and unpolished whole rice, with or without natural pigments).

Ingredientes	Tratamentos									
	100% Arroz	4% Alfafa	8% Alfafa	12% Alfafa	4% Urucum	8% Urucum	12% Urucum	4% Beterraba	8% Beterraba	12% Beterraba
Arroz integral	50,300	46,000	40,000	35,000	47,000	43,000	38,750	46,500	42,500	39,000
Farelo soja 45%	33,350	32,600	32,500	32,000	33,350	33,500	33,720	33,200	33,000	32,800
Óleo de soja	4,500	5,700	7,300	8,660	4,300	4,300	4,300	4,500	4,700	4,600
Núcleo*	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
Calcário 33%	4,390	4,290	4,100	3,880	4,310	4,310	4,310	4,390	4,390	4,390
Feno de alfafa	-	4,000	8,000	12,000	-	-	-	-	-	-
Colorífico de Urucum	-	-	-	-	4,000	8,000	12,000	-	-	-
Beterraba	-	-	-	-	-	-	-	4,000	8,000	12,000
Fosfato bicálcico 24%	1,325	1,325	1,350	1,340	1,330	1,330	1,330	1,325	1,325	1,325
Inerte**	0,575	0,415	0,955	1,274	0,160	-	-	0,525	0,495	0,255
DL-Metionina	0,390	0,410	0,430	0,446	0,400	0,400	0,420	0,390	0,400	0,420
L-Lisina HCL	0,150	0,180	0,240	0,240	0,150	0,160	0,170	0,150	0,170	0,190
L-Valina	-	0,030	0,065	0,080	-	-	-	-	-	-
L-Treonina	0,020	0,050	0,060	0,080	0,030			0,020	0,020	0,020
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
PB	20,036	20,117	20,361	20,445	20,016	19,999	20,004	20,139	20,226	20,364
EM (Mcal/Kg)	2,816	2,804	2,802	2,800	2,804	2,805	2,801	2,797	2,804	2,802
Cálcio	3,133	3,148	3,129	3,102	3,097	3,097	3,098	3,135	3,136	3,138
Fósforo disponível	0,328	0,325	0,323	0,322	0,322	0,321	0,320	0,326	0,324	0,323
Sódio	0,213	0,215	0,217	0,220	0,240	0,267	0,294	0,212	0,211	0,210
Potássio	0,759	0,819	0,878	0,948	0,749	0,741	0,732	0,745	0,730	0,716
Metionina digestível	0,667	0,675	0,682	0,688	0,672	0,666	0,679	0,660	0,662	0,647
Lisina digestível	1,090	1,083	1,101	1,086	1,082	1,083	1,085	1,077	1,077	1,078
Treonina digestível	0,634	0,613	0,626	0,579	0,654	0,647	0,641	0,641	0,629	0,618
Triptofano digestível	0,216	0,233	0,227	0,235	0,239	0,236	0,233	0,237	0,232	0,228
Valina digestível	0,814	0,785	0,753	0,782	0,802	0,791	0,780	0,798	0,780	0,763

\*Suplemento vitamínico e mineral para codornas 5%: Ácido fólico (16,7 mg), Ácido pantotênico (204,6 mg), Bacitracina de Zinco(600 mg), BHT (700 mg), Biotina (1,4 mg), Cálcio (197,5 mg), Cobalto (5,1 mg), Cobre (244 mg), Colina (42 mg), Ferro (1.695 mg), Flúor (máx. 400 mg), Fósforo (50 mg), Iodo (29 mg), Manganês (1.485 mg), Metionina (111 g), Niacina (840 mg), Selênio (3,2 mg), Sódio (36 g), Vitamina A (207.000 UR), Vitamina B<sub>1</sub> (40 mg), Vitamina B<sub>12</sub> (430 mcg), Vitamina B<sub>2</sub> (120 mg), Vitamina B<sub>6</sub> (54 mg), Vitamina D<sub>3</sub> (43.200 UI), Vitamina E (540 mg), Vitamina K<sub>3</sub> (51,5 mg), Zinco (4,535 mg); \*\*Areia escariola.

obtidos com colorímetro digital, segundo o sistema CIELab.

Com relação ao colorífico de urucum, de modo semelhante ao verificado para o feno de alfafa, houve efeito quadrático para os parâmetros L\* (P=0,0280) e a\* (P=0,0271). Na **Figura 2** é possível verificar o comportamento dos parâmetros de coloração das gemas de ovos de codornas japonesas alimentadas com dietas a base de arroz integral descascado e não-polido acrescidas de colorífico de urucum, através de regressão, a partir dos dados obtidos com colorímetro digital, segundo o sistema CIELab.

## DISCUSSÃO

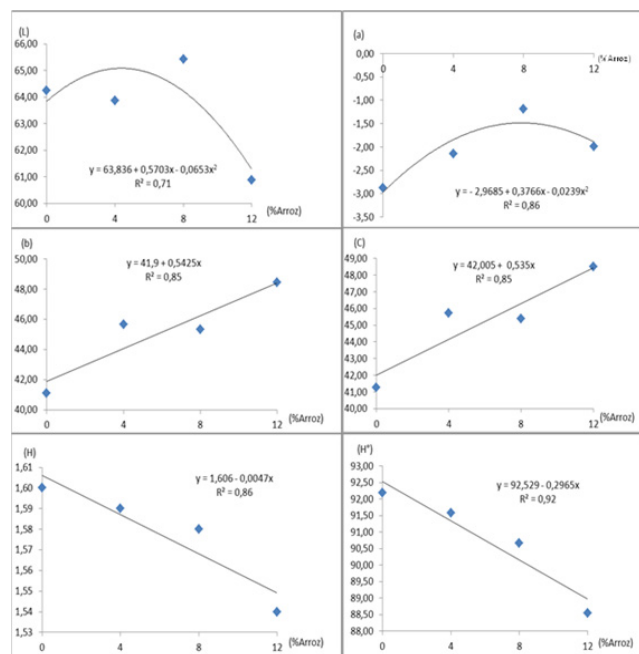
Em estudo realizado por Karadas et al. (2006, p. 565), extratos de alfafa utilizados em dietas a base de trigo, cevada, farelo de soja e farinha de peixe, para codornas japonesas, promoveram aumento na coloração das gemas em até 10 vezes comparadas com a dieta sem o pigmentante. Em outros estudos, poedeiras que receberam inclusão de 5% de alfafa, em dietas com trigo e cevada, apresentaram gemas com maior coloração do que as alimentadas com dietas à base de milho e farelo de soja (Shahsavari 2014, p. 9), assim como a utilização de 2,5 e 7% de feno de alfafa em dietas a base de sorgo ocasionou o aumento da coloração das gemas

(Al-Shami et al. 2011, p. 16). Anteriormente, já havia sido afirmado que a adição de leguminosas, como a alfafa, em dietas de poedeiras aumenta a coloração das gemas (Frankic et al. 2009, p. 97).

Houve diminuição da luminosidade  $L^*$  ( $y = 70,908 - 0,8454x + 0,0492x^2$ ) com a adição do feno, até o nível

de 8,5%, com conseqüente aumento da opacidade. Já os valores negativos obtidos para  $a^*$  através da regressão ( $y = -7,886 - 0,1578x + 0,0184x^2$ ) denotam uma tendência quadrática de coloração ao verde, alcançando os níveis máximos em 4,28%. Já os valores lineares crescentes de  $b^*$  ( $y = 26,835 + 2,3425x$ ) indicam a impregnação do amarelo. Isto está refletido nos valores lineares crescentes encontrados para  $C^*$  ( $y = 28,005 + 2,2825x$ ), indicando aumento de saturação da cor resultante nas gemas. A tonalidade  $H^\circ$  ( $y = 106,58 - 0,806x$ ), por sua vez, reduziu linearmente, passando do verde ao amarelado, com o aumento dos níveis de feno de alfafa na dieta. Estudos realizados por Mourão et al. (2006, p. 258) demonstraram que poedeiras alimentadas com dietas contendo 20% de alfafa apresentaram valores diminuídos de  $L^*$  e aumento em  $b^*$  e  $a^*$ , concordando com os resultados deste estudo.

Os valores de  $L^*$  indicam perda de luminosidade nas gemas dos ovos ( $y = 63,836 + 0,5703x - 0,0653x^2$ ), alcançando seus menores índices com a inclusão de 12% de urucum nas dietas. Essa perda de luminosidade ( $L^*$ ) observada neste trabalho, com valores iniciais de 64,24 sem pigmentante, passando para 60,27 em nível de 12% de inclusão do colorífico de urucum, corroboram com situações encontradas por Harder et al. (2007, p. 337), que observaram valores de 63,23 sem inclusão e 57,48 nos maiores índices, em poedeiras alimentadas com ração comercial, e variação de 55,08 a 49,68, quando os índices alcançaram 2,5% de sementes de urucum moídas em dietas para poedeiras contendo sorgo (Garcia et al. 2009, p. 692). Fato semelhante foi encontrado com a inclusão de sementes de urucum moídas, extrato de urucum e colorífico em dietas de poedeiras contendo ingredientes com baixo teor de carotenoides ou como forma de aumentar a coloração em dietas à base de milho e farelo de soja (Harder et al. 2007, p. 337; Curvelo et al., 2009; Queiroz et al., 2010;



**Figura 2.** Parâmetros de cor em gemas de ovos de codornas japonesas alimentadas com dietas a base de arroz integral descascado e não-polido acrescidas de colorífico de urucum (*Bixa orellana* L.) (Color parameters in Japanese quail egg yolks fed diets based on peeled and unpolished whole rice added with annatto (*Bixa orellana* L.)).

**Tabela III.** Parâmetros de coloração de gemas de ovos de codornas japonesas alimentadas com dietas a base de arroz integral descascado e não-polido acrescidas de pigmentantes naturais (Color parameters of Japanese quail egg yolks fed diets based on peeled and unpolished whole rice with natural pigments).

Pigmentantes	Níveis (%)	Parâmetros de coloração					
		$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	H	$H^\circ$
Feno de alfafa	0	70,94	-7,85	24,08	25,30	1,87	107,73
	4	68,22	-8,33	38,97	39,85	1,78	102,06
	8	67,39	-7,86	48,31	48,95	1,73	99,28
	12	67,82	-7,16	52,20	52,70	1,70	97,91
Colorífico de urucum	0	64,24	-2,87	41,13	41,26	1,60	92,20
	4	63,86	-2,14	45,67	45,72	1,59	91,58
	8	65,43	-1,19	45,35	45,37	1,58	90,67
	12	60,87	-1,99	48,47	48,51	1,54	88,55
Beterraba	0	67,31	-7,59	23,86	25,05	1,88	107,72
	4	69,27	-7,67	21,64	22,96	1,91	109,57
	8	66,73	-7,41	22,88	24,05	1,88	107,97
	12	67,90	-7,42	22,42	23,61	1,89	108,36

$L^*$ : luminosidade;  $a^*$ : vermelho;  $b^*$ : amarelo;  $C^*$ : croma; H: matiz;  $H^\circ$ : matiz em graus.

**Tabela IV.** Equações de regressão da coloração de gemas de ovos de codornas japonesas alimentadas com dietas a base de arroz integral descascado e não-polido acrescidas de pigmentantes naturais (Regression equations for the color of Japanese quail egg yolks fed diets based on peeled and unpolished whole rice with natural pigments).

Pigmentantes	Parâmetros	Equação de regressão	R <sup>2</sup>	P	CV (%)
Feno de alfafa	L*	$y = 70,908 - 0,8454x + 0,0492x^2$	0,99	0,0424	4,22
	a*	$y = -7,886 - 0,1578x + 0,0184x^2$	0,96	0,0003	5,21
	b*	$y = 26,835 + 2,3425x$	0,93	<0,0001	8,75
	C*	$y = 28,005 + 2,2825x$	0,93	<0,0001	8,48
	H	$y = 1,854 - 0,014$	0,94	<0,0001	0,86
	H°	$y = 106,58 - 0,806x$	0,91	<0,0001	0,84
Colorífico de urucum	L*	$y = 63,836 + 0,5703x - 0,0653x^2$	0,71	0,0280	3,58
	a*	$y = -2,9685 + 0,3766x - 0,0239x^2$	0,86	0,0347	46,39
	b*	$y = 41,9 + 0,5425x$	0,85	0,0240	11,33
	C*	$y = 42,005 + 0,535x$	0,85	0,0248	11,26
	H	$y = 1,606 - 0,0047x$	0,86	0,0323	3,25
	H°	$y = 92,529 - 0,2965x$	0,92	0,0274	3,23

L\*: luminosidade; a\*: vermelho; b\*: amarelo; C\*: croma; H: matiz; H°: matiz em graus; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação; P: nível de significância; CV: coeficiente de variação.

Laganá et al. 2011, p. 175; Garcia et al. 2010, p. 262; Costa et al. 2006, p. 411).

Em trabalho com codornas japonesas, por sua vez, a adição de 0; 1,5; 3,0 e 4,5% de colorífico de urucum em dietas com 46% de milho ou quirera de arroz determinaram aumento de coloração das gemas até o nível de 3,5% (Oliveira et al. 2007, p. 1529). Adicionalmente, a inclusão de farelo de urucum em até 9% em dietas contendo sorgo, também provocou aumento na coloração das gemas (Mani et al., 2014).

Os valores negativos de a\* ( $y = -2,9655 + 0,3766x - 0,0239x^2$ ), por sua vez, indicam coloração tendendo ao verde, porém havendo maiores nuances vermelhas, em níveis de 7,87% de colorífico de urucum nas dietas. Para os parâmetros b\* (P=0,0240), C\* (P=0,0248), H (P=0,0323) e H° (P=0,0274) o efeito foi linear. Houve aumento significativo da saturação C\* ( $y = 42,005 + 0,535x$ ) para cada nível do pigmento adicionado, como reflexo do aumento significativo nos valores de b\* ( $y = 41,9 + 0,5425x$ ). Por outro lado, a tonalidade (H°) apresentou acentuação do vermelho, abaixo de 90° ( $y = 92,529 - 0,2965x$ ), com acréscimo do percentual utilizado. Da mesma forma, Silva et al. (2006, p. 990) observaram aumento linear de b\* em gemas de ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo 40% de sorgo e adicionadas de resíduos de semente de urucum nos níveis de 0, 4, 8 e 12%.

A utilização da beterraba como pigmentante natural não apresentou efeito sobre quaisquer dos parâme-

tros de coloração de gemas neste estudo (P>0,05). A ausência de modificação da cor das gemas pode ser explicada pelo fato de que esta raiz tuberosa apresenta pouca concentração de carotenoides, ao redor de 0,002% (Rebecca et al. 2014, p. 596). Em humanos, estes compostos podem ser excretados junto à urina em pequena quantidade (Frank et al. 2005, 294), apresentar instabilidade de suas moléculas no ambiente digestivo, sofrer degradação bacteriana intestinal, além de apresentar outras vias de excreção, como biliar, circulação entero-hepática e ainda formar compostos conjugados com LDL (Tesoriere et al. 2004, p. 943). Além disso, a metodologia utilizada neste estudo para a obtenção da forma desejada de beterraba, utilizando aparelho de micro-ondas, aliado ao tempo de exposição às altas temperaturas, possivelmente tenha degradado os pigmentos, o que concorda com Jackman & Smith (1996, p. 292), Jiratanan & Liu (2004, p. 2667), que ressaltam a perda de até 60% do pigmento por exposição a estas situações, corroborando também com Hamerski et al. (2013, p.418), que sugerem a extração em base aquosa e a frio para manter sua estrutura química intacta.

## CONCLUSÕES

Tanto a adição de feno de alfafa quanto de colorífico de urucum em dietas a base de arroz integral, descascado e não polido para codornas japonesas são eficientes como pigmentantes para as gemas dos ovos até o nível de 12% de inclusão.

## AGRADECIMENTOS

Este estudo foi possível graças ao apoio financeiro da FAPERGS – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul.

## BIBLIOGRAFIA

- Al-Shami, MA, Salih, ME & Abbas, TE 2011, 'Effects of dietary inclusion of alfalfa (*Medicago sativa* L.) leaf meal and xylanase on laying hens' performance and egg quality', *Research Opinions In Animal & Veterinary Sciences*, vol. 2, no. pp. 14-18.
- Albino, LFT & Barreto, SLT 2003, 'Codornas: criação de codornas para produção de ovos e carne', *Aprenda Fácil*, Viçosa, Minas Gerais, Brasil, p. 289.
- Bobbio, PA & Bobbio, FA 2001, 'Introdução à química de alimentos', São Paulo: Varela, p.152.
- Böhme, H, Aulrich, K, Daenicke, R & Flachowsky, G 2001, 'Genetically modified feeds in animal nutrition 2nd communication: Glufosinate tolerant sugar beets (roots and silage) and maize grains for ruminants and pigs', *Archives of Animal Nutrition*, vol.54, no.3, pp. 197-207.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento 2015, 'Perspectivas para a agropecuária, Diretoria de Política Agrícola e Informações, Superintendência de Gestão da Oferta, Safra 2014/2015', Brasília, Distrito Federal, Brasil, p.158.
- Costa, FGP, Gomes, CAV, Silva, JHV, Carneiro, MVD, Goulart, CC & Dourado, LRB 2006, 'Efeitos da inclusão do extrato oleoso de urucum em rações de poedeiras com substituição total ou parcial do milho pelo sorgo debaixo tanino', *Acta Scientiarum Animal Sciences*, vol. 28, no. 4, pp. 409-414.
- Curvelo, ER, Geraldo, A, Silva, LM, Santos, TA, Filho, JAV, Pinto, ERA, Oliveira, MLR, Ferreira, CB 2009, 'Níveis de inclusão de extrato de urucum e açafrão em dietas para poedeiras semipesadas e seus efeitos sobre o desempenho e coloração da gema dos ovos', In: II Semana de Ciência e Tecnologia do IFMG, Anais, Bambuí, Minas Gerais, Brasil, s.p.
- Denardin, CC, Silva, LP, Storck, CR & Nörnberg, JL 2004, 'Composição mineral de cultivares de arroz integral, parboilizado e branco', *Alimentos e Nutrição Araraquara*, vol. 15, no. 2, pp. 125-130.
- Frank, T, Stintzing, FC, Carle, R, Bitsch, I, Quaas, D, Straß, G, Bitsch, R & Netzel, M 2005, 'Urinary pharmacokinetics of betalains following consumption of red beet juice in healthy humans', *Pharmacological Research*, vol. 52, no. 4, pp. 290-297.
- Frankič, T, Voljč, M, Salobir, J & Rezar, V 2009, 'Use of herbs and spices and their extracts in animal nutrition', *Acta Argiculturae Slovenica*, vol. 94, no. 2, pp. 95-102.
- Frei, M & Becker, K 2005, 'Fatty acids and all-trans-β-carotene are correlated in differently colored rice landraces', *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 85, no 14, pp. 2380-2384.
- Garcia, EA, Mendes, AA, Pizzolante, CC, Gonçalves, HC, Oliveira, RP & Silva, MA 2002, 'Efeito dos níveis de cantaxantina na dieta sobre o desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais', *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, vol. 4, no. 1, pp. 001-007.
- Garcia, EA, Molino, AB, Berto, DA, Pelícia, K, Osera, RH & Faltarone, ABG 2009, 'Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com semente de urucum (*Bixa orellana* L.) moída na dieta', *Veterinária E Zootecnia*, vol. 16, no. 4, pp. 689-697.
- Garcia, EA, Molino, AB, Gonçalves, HC, Junqueira, OM, Pelícia, K, Osera, RH & Duarte, KF 2010, 'Ground annatto seeds (*Bixa orellana* L.) in sorghum-based commercial layer diets and their effects on performance, egg quality and yolk pigmentation', *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, vol. 12, no. 4, pp. 259-264.
- Guimarães, CM, Fageria, NK, Barbosa Filho, MP 2002, 'Como a planta de arroz se desenvolve', *Informações Agronômicas, Piracicaba*, vol. 13, no. 99, pp. 12.
- Hamerski, L, Rezende, MJC & Silva, BV 2013, 'Usando as Cores da Natureza para Atender aos Desejos do Consumidor: Substâncias Naturais como Corantes na Indústria Alimentícia', *Revista Virtual de Química*, vol. 5, no. 3, pp. 394-420.
- Harder, MNC, Canniatti-Brazaca, SG & Arthur, V 2007, 'Avaliação quantitativa por colorímetro digital da cor do ovo de galinhas poedeiras alimentadas com urucum (*Bixa orellana* L.)', *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, vol. 102, no. 1, pp. 339-342.
- Jackman, RL & Smith, JL, 'Athocyanins and betalains', In: Hendry, GAF, Houghton, JD 1996 *Natural Food Colorants 2nd ed*, Ed. Blackie Academic and Professional, Glasgow, Escócia pp.280- 296.
- Janssen, WMMA 1989, 'European table of energy values for poultry feedstuffs 3rd ed', Beekbergen, Holanda: Spelderholt Center for Poultry Research and Information Services, s.p.
- Jiratanan, T & Liu, RH 2004, 'Antioxidant Activity of Processed Table Beets (*Beta vulgaris* var. conditiva) and Green Beans (*Phaseolus vulgaris* L.)', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 52, no. 9, pp. 2659-2670.
- Karadas, F, Grammenidis, E, Surai, PF, Acamovic, TE & Sparks, NHC 2006, 'Effects of carotenoids from lucerne, marigold and tomato on egg yolk pigmentation and carotenoid composition', *British Poultry Science*, vol. 47, no. 5, pp. 561 – 566.
- Laganá, C, Pizzolante, CC, Saldanha, ERPB & Moraes, JE 2011, 'Turmeric root and annatto seed in second-cycle layer diets: performance and egg quality', *Brazilian Journal of Poultry Science*, vol. 13, no. 3, pp. 171-176.
- Maciel, MP, Moura, VHS, Aiura, FS, Arouca, CLC, Souza, LFM, Silva, DB, & Said, JLS 2019, 'Níveis de proteína em rações com milho ou sorgo para codornas japonesas' *Archivos de Zootecnia*, vol. 68, no 261, pp. 110-118.
- Mani, IP, Gonçalves, BN, Martins, PC, Machado, LA, Cintra, CC, Lima, SC, Souza, DO, Oliveira, MC 2014, 'Qualidade de ovos de codorna alimentadas com dietas contendo farelo de urucum', In: XXIV Congresso Brasileiro de Zootecnia, Anais, Vitória, Espírito Santo, Brasil, s.p.
- Martin-Rosset, W 1990, 'L'alimentacion del chevaux', *Composition chimique et analyse forragère des aliments*, Paris, p. 232.
- Mourão, JL, Ponte, PIP, Prates, JAM, Centeno, MSJ, Ferreira, LMA, Soares, MAC, & Fontes, CMGA 2006, 'Use of β-glucanases and β-1, 4-xylanases to supplement diets containing alfalfa and rye for laying hens: Effects on bird performance and egg quality', *Journal of Applied Poultry Research*, vol. 15, no. 2, pp. 256-265.
- NRC – National Research Council (US) 1994, 'Nutrient Requirements of Poultry', Subcommittee on Poultry Nutrition, 9th Revised Edition, p. 155.
- Oliveira, NTE, Fonseca, JB, Soares, RTRN, Ferreira, KS & Thiébaud, JTL 2007, 'Pigmentação de gemas de ovos de codornas japonesas alimentadas com rações contendo colorífico', *Ciência e Agrotecnologia*, vol. 31, no. 5, pp. 1525-1531.
- Ouaffai, A, Dahloum, L, Fassih, A, Milagh, M & Halbouche, M 2018, 'Performances de croissance, de ponte et qualité de l'œuf chez la caille Japonaise (*Coturnix coturnix japonica*)', *Archivos de Zootecnia*, vol. 67, No. 258, pp. 168-176.
- Pastore, SM, Oliveira, WP & Muniz, JCL 2012, 'Panorama da Coturnicultura no Brasil', *Revista Nutritime*, vol. 9, no. 6, pp.2041-2049.
- Paucar-Menacho, LM, Silva, LH, Sant'Ana, AS, Gonçalves, LAG 2007, 'Refino de óleo de arroz (*Oryza sativa* L.) em condições brandas para a preservação do γ-orzanol', *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 27, no. 1, pp. 45-53.
- Perez, CM, Juliano, BO, Paschal, CG & Novenario, VG 1987, 'Extracted lipids and carbohydrates during washing and boiling of milled rice', *Journal of Starch*, vol. 39, no. 11, pp. 386-390.
- Queiroz, EA, Agostinho, TSP, Calixto, LFL 2010, 'Níveis de farelo de urucum (*Bixa orellana* L.) na dieta e seus efeitos sobre o desempenho e a intensidade de pigmentação da gema de ovos de poedeiras comerciais', Disponível em: [www.avisite.com.br/cet/img/20100706\\_urucum.pdf](http://www.avisite.com.br/cet/img/20100706_urucum.pdf). Acesso em: 8/5/2018.
- Rebecca, LJ, Sharmila, S, Das, MP & Seshiah, C 2014, 'Extraction and purification of carotenoids from vegetables', *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, vol. 6, no. 4, pp. 594-598.

- Rosa, JG 2010, 'Sedagem de cenoura (*Daucus carota* L.) em micro-on-das', Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, São Carlos, São Paulo, Brasil, p. 96.
- Rostagno, HS, Albino, LFT, Donzele, JL, Gomes, PC, Oliveira, RF, Lopes, DC, Ferreira, AS, Barreto, SLT & Euclides, RF 2011, Composição de alimentos e exigências nutricionais, *Tabelas brasileiras para aves e suínos*, v.2.
- Statistical Analysis System - SAS. *User's guide*. Cary: SAS Institute, 2002. 525p.
- Shahsavari, K 2014, 'Influence of different sources of natural pigmentation on egg quality and performance of laying hens', *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, vol. 173, no. 3834, pp. 1-11.
- Silva, JHV, Silva, EL, Jordão Filho, J, Ribeiro, MLG & Costa, FGP 2006, 'Resíduo da semente de urucum (*Bixa orellana* L.) como corante da gema, pele, bico e ovário de poedeiras avaliado por dois métodos analíticos', *Ciência e Agrotecnologia*, vol. 30, no. 5, pp. 988-994.
- Silva, MCS, Lucena, LRR, Holanda, MAC & Holanda, MCR 2019, 'Percentual de postura de codornas europeias alimentadas com diferentes níveis de lisina utilizando regressão beta'. *Archivos de Zootecnia*, vol. 68, no. 264, pp. 488-494.
- Silva, PI 2007, 'Métodos de extração e caracterização de bixina e norbixina em sementes de urucum (*Bixa orellana* L.)', Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Minas Gerais, Viçosa, Brasil, p.159.
- Tesoriere, L, Allegra, M, Butera, D & Livrea, MA 2004, 'Absorption, excretion, and distribution of dietary antioxidant betalains in LDLs: potential health effects of betalains in humans', *The American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 80, no. 4, pp. 941-945.
- Walter, M, Marchezan, E & Ávila, LA 2008, 'Arroz: composição e características nutricionais', *Ciência Rural*, vol. 38, no. 4, pp. 1184-1192.