

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JULIO DE MESQUITA FILHO”**

FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA DE ARAÇATUBA

**OTIMIZAÇÃO DA PIGMENTAÇÃO DA GEMA DO
OVO**

Lígia Mara Sandeski

Médica Veterinária

Araçatuba – SP

2013

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JULIO DE MESQUITA FILHO”**

FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA DE ARAÇATUBA

**OTIMIZAÇÃO DA PIGMENTAÇÃO DA GEMA DO
OVO**

Lígia Mara Sandeski

Orientadora: Profa. Adj. Elisa Helena Giglio Ponsano

Co-orientador: Prof. Adj. Manoel Garcia Neto

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba - Unesp, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal (Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal).

Araçatuba – SP

2013

Catálogo na Publicação (CIP)
Serviço de Biblioteca e Documentação – FMVA/UNESP

Sandeski, Lígia Mara

S216o Otimização da pigmentação da gema do ovo / Lígia Mara Sandeski.

Araçatuba: [s.n], 2013

56f. il.; + CD-ROM

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Medicina Veterinária, 2013

Orientadora: Profa. Adj. Elisa Helena Giglio Ponsano

Co-orientador: Prof. Adj. Manoel Garcia Neto

1. Carotenoides 2. Coloração 3 Milho 4. Xantofilas 5. Gema de ovo
6. Pigmentação

CDD 636.5



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Otimização da pigmentação da gema do ovo.

AUTORA: LIGIA MARA SANDESKI

ORIENTADORA: Dra. ELISA HELENA GIGLIO PONSANO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRA em CIÊNCIA ANIMAL (MEDICINA VETERINÁRIA PREVENTIVA E PRODUÇÃO ANIMAL) pela Comissão Examinadora.

Dr. CECÍLIO VIEGA SOARES FILHO

Dr. OTTO MACK JUNQUEIRA

Dra. ELISA HELENA GIGLIO PONSANO

DATA DA REALIZAÇÃO: 1 de novembro de 2013.

Presidente da Comissão Examinadora
Dra. ELISA HELENA GIGLIO PONSANO
- Orientadora -

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

LÍGIA MARA SANDESKI – nascida em 25 de agosto de 1986, em Curitiba – PR, graduada em Medicina Veterinária pelo Centro Universitário de Maringá – UNICESUMAR, em 18 de dezembro de 2008. Ingressou no curso de Pós-Graduação, em nível de Especialização em Residência em Moléstias Parasitárias em Ciência Animal - Medicina Preventiva na Universidade Estadual de Londrina – UEL, em 01 de março de 2009 a 28 de fevereiro de 2011. Em março de 2010, ingressou no curso de Pós-Graduação “Latu Sensu”, em nível de Especialização em Higiene e Inspeção e Processamento de Produtos de Origem Animal, no Centro Universitário de Maringá – UNICESUMAR, concluído em 30 de março de 2012. Por meio de processo seletivo, ingressou no curso de Pós-Graduação em Ciência Animal na Área de Medicina Preventiva e Produção Animal, curso de Mestrado, na Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – UNESP, em 27 de fevereiro de 2012.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por não me ter deixado desanimar nos momentos mais difíceis e pela capacidade que me foi concedida graciosa e incondicional.

Em especial aos meus queridos pais e familiares, Afonso Sandeski e Natália Maria Karas Sandeski e meu irmão José Henrique Karas Sandeski, por tornarem todo este sonho possível, e por todo o apoio que me deram em tudo que realizei.

À Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” Faculdade de Medicina Veterinária e ao Curso de Pós-graduação em Ciência Animal pela oportunidade de desenvolver e concluir esse Curso de Mestrado.

À minha querida orientadora Profa. Adj. Elisa Helena Giglio Ponsano, que me acompanhou desde o início do trabalho, com muita paciência, dedicação, empenho no auxílio de correção do projeto e sempre me apoiando.

Ao meu querido co-orientador Prof. Adj. Manoel Garcia Neto pela paciência, dedicação e empenho no auxílio na execução do projeto.

Aos professores Prof. Adj. Max José de Araújo Faria Junior e Sílvia Helena Venturoli Peri pela gentileza de aceite ao convite para compor a banca e pela arguição e contribuição na qualificação do trabalho e Cecílio Viega Soares Filho e Otto Mack Junqueira pela gentileza de aceite ao convite para compor a banca e pela arguição e contribuição na defesa da dissertação.

Aos técnicos e auxiliares Alexandre, Laércio e Carlos pela ajuda em laboratório e no manejo das aves.

À Biblioteca da Faculdade, assim como à Isabel pela revisão da bibliografia da dissertação.

Aos meus queridos amigos e colegas de faculdade, que me apoiaram, incentivaram nessa jornada especial e ajudaram de certo modo a realizar este trabalho.

À Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela bolsa de mestrado concedida.

E a todos que de forma direta ou indireta, mas não menos importantes, fizeram com que a realização deste trabalho se tornasse possível.

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	
LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE TABELAS	
RESUMO.....	
SUMMARY	
CAPÍTULO 1 – Considerações gerais.....	10
Introdução	10
2 Revisão de Literatura	11
2.1 O ovo: estrutura e composição	11
2.2 Consumo e qualidade do ovo.....	13
2.3 Cor da gema do ovo.....	14
2.4 O milho como fonte de carotenoides.....	15
2.5 Análise sensorial dos alimentos	16
2.6 Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR).....	18
2.7 Metodologia de Superfície de Resposta (MSR)	20
REFERÊNCIAS.....	22
CAPÍTULO 2 – Artigo Científico	32
1 Introdução	34
2 Material e métodos.....	36
3 Resultados e discussão.....	39
4 Conclusão	48
REFERÊNCIAS.....	48
ANEXO A - Ficha utilizada na avaliação sensorial das gemas.....	56

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1 -	Delineamento Composto Central Rotacional – DCCR.....	20
------------	------------------------------------------------------	----

CAPÍTULO 2

Figura 1 -	Análise sensorial para as cores de gemas definidas pelo leque de cores da Roche.....	41
Figura 2 -	Superfície de Resposta do total de pigmentos amarelos e pigmentos vermelhos suplementares: variável <i>a</i>	44
Figura 3 -	Superfície de Resposta do total de pigmentos amarelos e pigmentos vermelhos suplementares: variável <i>b</i>	44
Figura 4 -	Superfície de Resposta do total de pigmentos amarelos e pigmentos vermelhos suplementares: variável <i>L</i>	45
Figura 5 -	Gráfico de contornos referente ao total de pigmentos amarelos e pigmentos vermelhos suplementares: variável: <i>a</i>	46
Figura 6 -	Distribuição das aves no galpão de postura.....	54
Figura 7 -	Pesagem individual das aves.....	54
Figura 8 -	Colorímetro portátil MiniScan XE Plus (HunterLab).....	55
Figura 9 -	Cores das gemas obtidas após 21 dias de arraçoamento das aves (Leque colorimétrico da Roche).....	55

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1 -	Nutrientes constituintes do ovo.....	12
------------	--------------------------------------	----

CAPÍTULO 2

Tabela 1 -	Composições calculada dos ingredientes na ração de galinhas poedeiras.....	38
Tabela 2 -	Coeficientes de Regressão e p-valor para o modelo de superfície de resposta dos atributos de cor: <i>L</i> (luminosidade) <i>a</i> (vermelho) e <i>b</i> (amarelo).....	43
Tabela 3 -	P-valores para peso do ovo e peso final das aves.....	47

OTIMIZAÇÃO DA PIGMENTAÇÃO DA GEMA DO OVO

RESUMO - A coloração da gema é dependente da absorção e da deposição dos carotenoides presentes na dieta da ave e representa uma característica sensorial de grande influência sobre a aceitabilidade do produto. O milho, ingrediente energético bastante utilizado na composição de ração de galinhas poedeiras, também apresenta potencial pigmentante, que deve ser explorado quando o objetivo é fornecer pigmentação à gema. Este trabalho teve como objetivo determinar as proporções entre pigmentos amarelos e vermelhos em rações contendo milho como principal fator energético para galinhas poedeiras visando promover a maximização da coloração de gema. Sessenta galinhas poedeiras da linhagem *Dekalbe* em fase de postura foram alocadas individualmente em gaiolas em galpão apropriado, onde receberam as rações experimentais durante 21 dias, com arraçoamento diário de 110 g e água à vontade. Foram aplicados 15 tratamentos, definidos por um delineamento composto central rotacional em que as variáveis estudadas foram os pigmentos amarelos provenientes dos ingredientes da ração (milho + farelo de gluten de milho), os pigmentos amarelos suplementares (luteína + zeaxantina) e os pigmentos vermelhos suplementares (cantaxantina), cada uma com três concentrações distintas. As aves foram pesadas no início e ao final do experimento e o peso dos ovos foi registrado diariamente. A cor das gemas foi determinada pelos métodos objetivo (L , a , b) e subjetivo (leque colorimétrico). A aceitação global das gemas foi determinada por meio de escala hedônica de cinco pontos. Os resultados obtidos foram submetidos a análises de variâncias, testes de comparação de médias (teste t e teste de Dunn) e à análise de regressão pela metodologia de superfície de resposta, adotando-se o nível de significância de 5%. O peso final das aves e o peso dos ovos não foram influenciados pelos diferentes tratamentos. Sete cores distintas para as gemas foram identificadas pelo leque de cor. As gemas de cor 9, provenientes do tratamento que forneceu o máximo de pigmentos amarelos totais (2,0 mg/ave/dia) e nenhuma quantidade de pigmentos suplementares vermelhos, receberam o maior índice de aceitação. Já as gemas de cor 14, provenientes dos tratamentos que forneceram a concentração máxima de pigmento vermelho suplementar testada (0,7 mg/ave/dia), além dos pigmentos amarelos,

foram as mais rejeitadas pelo público estudado. A interação entre as xantofilas amarelas totais e os pigmentos vermelhos suplementares afetou significativamente os atributos da cor objetiva das gemas e a análise de superfície de resposta mostrou serem suficientes 0,5 mg/ave/dia de pigmentos vermelhos e 1,5 mg/ave/dia de pigmentos amarelos para promover a maximização do tom vermelho.

Palavras-chave: carotenoides, coloração, milho, xantofilas.

OPTIMIZATION OF PIGMENTATION EGG YOLK

SUMMARY - The color of the egg yolk depends on the absorption and the deposition of carotenoids present in the hens' diets and represents a sensory characteristic of great impact on the product acceptance. Corn is commonly used as energy value ingredient for hens' diets formulations. Moreover, due to its additional pigmentation properties, it might be used to color egg yolk. The purpose of this research was to optimize the proportions between yellow and red pigments in hens' corn based rations to provide color maximization for yolks. Sixty *Dekalbe* laying hens were separately distributed in cages inside a rearing barn to receive the experimental diets for 21 days at a daily feeding of 110 g and water *ad libitum*. Fifteen treatments were defined by means of a central composite rotatable design in which the variables were the yellow pigments from the diets (corn + gluten meal), the yellow supplementary pigments (lutein + zeaxanthin) and the red supplementary pigments (cantaxanthin), each of them at three different concentrations. Hens' weights were recorded at the beginning and at the end of the experiment and the eggs weights were recorded daily. Yolks colors were determined by means of objective (*L*, *a*, *b*) and subjective (color fan) measurements. Global acceptance of yolks color was investigated with a five points hedonic scale. The results were analyzed by ANOVA, means comparison tests (t test and Dunn test) and regression analysis by Response Surface Methodology, at 5% significance level. Hens' final weights and eggs weights were not influenced by the treatments. Seven distinct colors for yolks were identified with the color fan. The most preferred yolks scored 9 and derived from the treatment which provided the highest yellow pigments concentrations (2.0 mg/hen/day) and no red pigments while the most rejected yolks scored 14 and derived from treatments which provided the highest concentration of red pigment (0.7 mg/hen/day), besides the yellow ones. Total yellow xanthophylls and red supplementary pigments had significant interaction on the objective color definition and the concentrations of 0.5 mg/hen/day of red pigments and 1.5 mg/hen/day of yellow pigments were enough to provide the maximization of the red color for the egg yolks. The interaction between total yellow xanthophylls and red supplementary pigments significantly affected the yolks color attributes and the response

surface analysis indicated that 0.5 mg/hen/day of red pigments and 1.5 mg/hen/day of yellow pigments were enough to provide the maximization of the red values.

Keywords: carotenoids, color, corn, xanthophylls.

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

1 INTRODUÇÃO

O mercado de produtos alimentícios vem se tornando competitivo e, ao mesmo tempo, complexo, devido à conscientização e à exigência dos consumidores pela qualidade dos alimentos. Diante desse quadro, é fundamental que todos aqueles que lidam com a produção e preparação dos alimentos busquem o aperfeiçoamento e a atualização contínua de seus produtos e processos, a fim de continuarem nesse mercado cada vez mais exigente e globalizado. Oferecer ao mercado uma produção de ovos seguros à saúde do consumidor é fazer disso um diferencial competitivo (EMBRAPA, 2004).

O ovo é um dos alimentos mais completos da dieta humana, apresentando uma composição rica em vitaminas, minerais, ácidos graxos e proteínas de excelente valor biológico (RÊGO et al., 2012). Além de ser importante reserva de proteínas, lipídeos, vitaminas e minerais, o ovo contém substâncias promotoras da saúde e preventivas de doenças, o que o torna um alimento funcional (MAZZUCO, 2008). Apesar disso, o consumo de ovos no Brasil é considerado baixo, e está abaixo da média consumida nos Estados Unidos, México e Colômbia. Ainda assim, ele está presente na dieta alimentar de 99% das famílias brasileiras (UBABEF, 2012).

A qualidade do ovo pode ser definida por um conjunto de características físicas e sensoriais responsáveis pela sua aceitabilidade no mercado (LEANDRO et al., 2005) e envolve uma combinação de fatores que estimulam a sua compra. O primeiro fator refere-se à qualidade externa e inclui características como tamanho, cor e limpeza do ovo, enquanto que o segundo fator refere-se à qualidade interna, representada pela cor da clara e da gema (FIGUEROA et al., 2007).

A cor da gema do ovo é proveniente da absorção dos pigmentos carotenoides presentes na dieta da ave, uma vez que os animais não apresentam habilidades em sintetizá-los (BREITHAUPT, 2007; GARCIA et al., 2002; SEEMANN, 2000; SEIXAS; SEIXAS, 2001). Embora a coloração da gema não indique qualidade nutricional, ela é utilizada como uma ferramenta

para avaliar a qualidade dos ovos, pois apresenta uma importante função na percepção desse alimento (HERNANDEZ; BLANCH, 2000; SEEMANN, 2000). Assim, tem-se que a cor da gema representa um importante critério para a escolha dos ovos pelo consumidor (HERNANDEZ; BLANCH, 2000).

A cor desejada para a gema do ovo pode ser alcançada com um custo mínimo fazendo-se a combinação, na ração, de carotenoides amarelos e vermelhos com efetivas propriedades de absorção e deposição. Fundamental, para tanto, é o conhecimento do tipo e das concentrações dos carotenoides da ração (HERNANDEZ, 2001).

A planilha eletrônica PPFR (Programa Prático para Formulação de Rações) é um software livre que executa o cálculo dos ingredientes para a formulação de ração animal, seguindo recomendações nutricionais estabelecidas por Rostagno et al. (2011). O software permite, também, o ajuste adequado entre as proporções das quantidades de pigmentos suplementares sintéticos como, por exemplo, os carotenoides. Adicionalmente, o programa permite considerar proporções de pigmentos já presentes na ração basal das aves, visando incrementar a cor das gemas e, assim, minimizar custos da ração final (GARCIA NETO, 2013).

O objetivo deste projeto de pesquisa é identificar as proporções mais eficientes de pigmentos amarelos e vermelhos a serem adicionados na ração de milho de galinhas poedeiras comerciais a fim de maximizar a coloração da gema.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 O ovo: estrutura e composição

Por ovo, assim denominado, entende-se o ovo de galinha em casca, sendo os demais seguidos da espécie de que procedem (BRASIL, 2007). Um ovo consiste em aproximadamente 63% de albúmen, 27,5% de gema e 9,5% de casca. Além disso, possui outras partes em menor proporção, tais como o disco germinativo, a calaza, a câmara de ar, a cutícula e as membranas da casca (ALCÂNTARA, 2012).

O ovo é um dos alimentos mais completos da dieta humana (RÊGO et al., 2012). Seus principais componentes são: água (75%), proteínas (12%), lipídeos (12%), além de carboidratos, minerais e vitaminas. Um ovo grande contém, aproximadamente, 74 kcal, 6 g de proteínas, 4,5 g de gorduras totais e 212 mg de colesterol (MAZZUCO, 2008). É uma excelente fonte natural de vitaminas A, D, E, K, B2 (riboflavina) e B12. As vitaminas lipossolúveis A, D, E e K são encontradas na gema; já as vitaminas hidrossolúveis do complexo B são encontradas tanto no albúmen quanto na gema, sendo notória a ausência da vitamina C (USDA, 2012). Ressalta-se que a cocção do ovo, quando feita por mais de cinco minutos, pode causar a perda de vitamina A em até 30%, e de vitamina B1 em até 50% (SEIBEL, 2005). A Tabela 1 apresenta os nutrientes referentes a cada 100 g de ovo fresco e cru, de acordo com a Tabela Brasileira de Composição dos Alimentos (TACO).

Tabela 1 - Nutrientes constituintes do ovo

Nutrientes		100g
Calorias	kcal	143,1
Carboidratos	g	1,6
Proteínas	g	13,0
Gorduras saturadas	g	2,6
Gorduras monoinsaturadas	g	3,6
Gorduras poli-insaturadas	g	1,2
Lipídios	g	8,9
Colesterol	mg	355,9
Cálcio	mg	42,0
Vitamina A	µg	78,8
Magnésio	mg	12,7
Fósforo	mg	164,4
Ferro	mg	1,6
Potássio	mg	150,0
Cobre	µg	0,1
Zinco	mg	1,1
Niacina	mg	0,8
Tiamina B1	mg	0,1
Riboflavina B2	mg	0,6
Sódio	mg	167,9

kcal: quilocaloria; g: grama; mg: miligrama; µg: micrograma
(Fonte: TACO, 2011)

As gemas dos ovos são boas fontes dos carotenoides oxigenados biodisponíveis luteína e zeaxantina, que são potentes antioxidantes e de grande interesse na alimentação humana, dotados de funções importantes no processo visual e na manutenção da pele e das mucosas, no funcionamento adequado da região da mácula ocular e na redução do risco de degeneração macular, principalmente em idosos. Percebe-se, dessa forma que o ovo contém substâncias promotoras da saúde e preventivas de doenças, o que o torna um alimento funcional (MAZZUCO, 2008).

De acordo com a resolução nº 18 de 03 de janeiro de 1999, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) define-se por alimento funcional: "todo aquele alimento ou ingrediente que, além das funções nutricionais básicas, quando consumido como parte da dieta usual, produz efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e/ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica".

2.2 Consumo e qualidade do ovo

No Brasil, apesar do consumo de ovo ser baixo, abaixo da média consumida nos Estados Unidos, México e Colômbia, ele está bastante presente na dieta alimentar dos brasileiros, pois apresenta preços acessíveis e já faz parte do hábito alimentar. O baixo consumo de ovos é justificado, em grande parte, por falta de conhecimento da população em relação a suas propriedades nutricionais, pelo consumidor considerar o ovo um substituto da carne, uma ideia equivocada e, também, por julgá-lo como prejudicial à saúde por possuir teor de colesterol considerável (LOT et al., 2005).

Segundo a União Brasileira de Avicultores, o ovo está presente na dieta alimentar de 99% das famílias brasileiras. O consumo médio per capita de ovos brancos e vermelhos no Brasil nos anos de 2009, 2010, 2011 e 2012 foi de 137,1, 148,8, 162,6 e 161,5 unidades, respectivamente. México, Japão e China são os maiores consumidores de ovos no mundo, onde o consumo médio per capita chega a mais de 300 ovos/habitante/ano (UBABEF, 2012).

O consumo de ovos e a utilização de suas vantagens nutricionais pela população estão associados à qualidade do produto oferecido ao consumidor, que é determinada por um conjunto de características que podem influenciar a

aceitabilidade do produto no mercado. Para os produtores, a qualidade do ovo está relacionada com o peso e aparência da casca e, para os consumidores, com o prazo de validade e as características sensoriais como, por exemplo, a cor da gema e da casca. Já para os processadores, qualidade significa facilidade de remoção da casca, boa cor da gema e boas propriedades funcionais (ALLEONI; ANTUNES, 2001).

2.3 Cor da gema do ovo

A cor da gema é um importante critério para a escolha dos ovos pelo consumidor. Ela é utilizada como uma ferramenta para avaliar a qualidade dos ovos e tem uma função muito importante na percepção do alimento (HERNANDEZ; BLANCH, 2000; SEEMANN, 2000). A cor desejada para a gema do ovo varia entre os mercados consumidores, mas, de modo geral, pode-se dizer que cores entre amarelo e dourado são geralmente consideradas como indicadores de ovos de melhor qualidade (KLJAK et al., 2012). A preferência por ovos contendo gemas bem pigmentadas ainda é evidente em alguns mercados e, por isso, é comum a prática de adição de corantes nas dietas de galinhas poedeiras como um meio para melhorar a atratividade desses produtos (FRANCHINI; PADOA, 1996; HENCKEN, 1992; KLAUI; BAUERNFEIND, 1981; LIUFA et al., 1997).

A cor da gema de ovo é derivada da quantidade e da cor dos pigmentos carotenoides presentes na gema que, por sua vez, derivam da dieta da ave (HERNÁNDEZ, 2001). Esses pigmentos não podem ser sintetizados pelos animais e, portanto, devem ser obtidos a partir da dieta, tanto de fontes naturais como sintéticas (BREITHAUPT, 2007; GARCIA et al., 2002; SEEMANN, 2000; SEIXAS; SEIXAS, 2001). No entanto, caso a ave apresente infecção intestinal ou parasitose pode ocorrer uma deficiência na absorção intestinal e, conseqüentemente, a pigmentação de tecidos alvo como pele, penas e gemas poderá estar comprometidos (BRAWNER et al., 2000; TYCZKOWSKI et al., 1991).

A indústria nutricional fabrica cinco principais carotenoides em escala industrial - licopeno, betacaroteno, cantaxantina, zeaxantina e astaxantina – que encontram utilização em uma variedade de produtos alimentícios para

humanos, em cosméticos, em aditivos alimentares para aves, gado, peixes e crustáceos e como suplementos alimentares (TARIQUE et al., 2013).

Os carotenoides são compostos químicos lipofílicos sintetizados por todos os fotossintetizantes incluindo plantas, algas e cianobactérias, além de algumas bactérias e fungos (BOTELLA-PAVÍA et al., 2006), e podem ser divididos quimicamente em dois grupos, as xantofilas e os carotenos, considerando-se a presença ou não do oxigênio em sua estrutura, respectivamente. Os carotenos são geralmente de cor alaranjada e as xantofilas, derivadas de carotenos, são de coloração amarela e vermelha, também sendo chamadas de oxicarotenoides (MELENDEZ-MARTÍNEZ et al., 2004). Por serem hidrocarbonetos, os carotenos não apresentam capacidade de se depositarem em quantidades significativas na gema do ovo, enquanto que a presença de radicais oxigenados como hidroxila, cetona ou éster confere características polares aos oxicarotenoides, permitindo uma eficiente deposição (HERNANDEZ, 2001). Além da capacidade pigmentante (AMBROSIO, 2006), alguns carotenoides atuam como precursores da vitamina A, potencializam a resposta imune e promovem atividade antioxidante (MELENDEZ-MARTÍNEZ et al., 2004).

2.4 O milho como fonte de carotenoides

Existem na natureza cerca de 600 pigmentos carotenoides; no entanto, a quantidade e disponibilidade de carotenoides em ingredientes para rações de aves variam consideravelmente (AURELI et al., 2009; HENCKEN, 1992), porque em um mesmo alimento, diferenças qualitativas e, especialmente, quantitativas existem como resultado de fatores como variedade e cultivar, estado de maturação, clima e localização geográfica da produção, estação do ano, condições de plantio, manuseio pós-colheita, processamento e condições de estocagem (GROSS, 1987, 1991; RODRIGUEZ-AMAYA, 1993).

O grão de milho, apesar de possuir menor concentração de carotenoides quando comparado a outros alimentos, é considerado uma espécie carotenogênica, ou seja, fonte de carotenoides (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001). Os principais carotenoides encontrados nos amiloplastos do endosperma do grão de milho são as xantofilas luteína, betacriptoxantina e zeaxantina e os

carotenos betacaroteno, alfacaroteno e betazeacaroteno (JANICK-BUCKNER et al., 1999). Luteína e zeaxantina encontram-se em maior concentração no grão (90%), enquanto o betacaroteno perfaz a menor concentração (5%) (CABUELA, 1971).

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, totalizando 66 milhões de toneladas na safra 2012 (IBGE, 2012). O principal destino da safra de milho no Brasil são as indústrias de rações para animais, seguido, em menor parte, do consumidor humano (BRASIL, 2013).

Nas dietas que apresentam ingredientes deficientes em xantofilas, como o milho, pigmentos como apoester, luteína e zeaxantina devem ser incluídos na ração para conferir pigmentação amarela e cantaxantina, citranaxantina, capsantina e capsoburina devem ser incluídos quando se deseja conferir pigmentação vermelha (CASTAÑEDA et al., 2005). Por isso, a adição de ambos os carotenoides, amarelos e vermelhos, na dieta de galinhas poedeiras, é uma prática comum realizada na indústria avícola visando controlar a cor final desejada para as gemas (AURELI et al., 2009; HENCKEN, 1992;). Dessa forma, verifica-se que a intensidade das cores amarelo e vermelho nas gemas de ovos pode ser controlada pela concentração e pelo tipo de xantofilas na ração (CHEN; YANG, 1992; LAI et al., 1996).

2.5 Análise sensorial dos alimentos

A análise sensorial de alimentos, evoca, mede, analisa e interpreta as características dos alimentos como são percebidos pelos órgãos da visão, olfato, paladar, tato e audição (MININ, 2006).

Segundo o Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas (1993), dentre os métodos de análise sensoriais mais utilizados destacam-se:

- Método Sensorial Descritivo, em que são utilizadas equipes treinadas de provadores visando avaliar a intensidade da qualidade sensorial dos produtos (sabor, textura, aroma, cor, dentre outras características), empregando a análise descritiva quantitativa (ADQ).

- Método Sensorial Discriminativo, que se destina a avaliar as diferenças sensoriais entre dois produtos ou mais. Dentre as metodologias estão o Teste Duo-Trio para determinar a diferença entre um padrão e uma amostra; a

Comparação Pareada, que determina se há diferença entre duas amostras quanto a uma determinada qualidade sensorial; o Teste Triangular, usado para detectar se houve mudança entre duas amostras que sofreram processos diferentes; o Teste de Ordenação, usado para verificar se há diferença entre várias amostras; e o Teste de Comparação Múltipla, que analisa o grau de diferença entre muitas amostras e uma amostra padrão.

- Método Sensorial Afetivo, que tem como objetivo avaliar a preferência e a aceitação dos consumidores por um ou mais produtos.

Os testes de aceitação são usados quando o objetivo é avaliar se os consumidores gostam ou desgostam do produto, diferentemente do teste de preferência, o qual determina a preferência que o consumidor tem sobre um produto em relação a outro (MININ, 2006).

A aceitabilidade do produto é importante para determinar a sua qualidade (ABNT, 1993), e é muito utilizada em pesquisas realizadas por indústrias para determinar a preferência e a aceitação do mercado para determinado produto (DUTCOSKY, 2007). A ferramenta da análise sensorial mais utilizada para avaliar a aceitação é a escala hedônica, devido ao fato de ser facilmente compreendida pelos consumidores e por fornecer resultados válidos e confiáveis. Nela, o consumidor expressa sua aceitação pelo produto, seguindo uma escala previamente estabelecida que varia gradativamente do “gostar” ao “desgostar”. O julgador recebe as amostras codificadas e é solicitado a avaliar os seus sentimentos com relação a cada amostra. Pode-se avaliar somente a aceitação global, ou seja, o produto como um todo, ou pode-se avaliar a aceitação de atributos do produto, como cor, espessura, sabor, aroma, etc. (MININ, 2006). Neste trabalho, a escala hedônica foi utilizada para avaliar a aceitação geral da cor das gemas e um modelo do formulário utilizado está apresentado no Anexo A.

Para a realização do teste, os julgadores são selecionados ao acaso, dentre os membros da população de consumidores do produto. Os resultados podem ser avaliados pela análise de distribuição de frequência de valores obtidos em cada amostra, por meio de histogramas, revelando seu nível de aceitação e rejeição e permitindo a comparação dos desempenhos de duas ou mais amostras. Outra forma de analisar os resultados da escala hedônica é por meio de análise de variância (ANOVA), que considera conjuntamente as

avaliações de todos os consumidores e assume que todos apresentam o mesmo comportamento, desconsiderando suas individualidades (MININ, 2006).

2.6 Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR)

A escolha de um planejamento experimental adequado é uma função direta do número de variáveis independentes envolvidas no estudo, da disponibilidade de matéria prima, da viabilidade do número de ensaios que podem ser realizados e do custo do processo em estudo. No entanto, sempre há um número mínimo de ensaios que devem ser realizados conforme o número de fatores que se deseja estudar, para que a discussão dos resultados e a interpretação estatística não fiquem comprometidas (RODRIGUES; IEMMA, 2009). A necessidade de otimização de produtos e processos, minimizando custos e tempos operacionais, tem orientado a busca por técnicas sistemáticas de planejamento de experimentos (MATTIETO; MATTA, 2012).

Planejamento composto central é uma metodologia de superfície de resposta, ou seja, uma técnica estatística eficaz para otimizar experiências multifatoriais nos processos de formulação (AGARRY et al., 2010).

Os delineamentos compostos foram desenvolvidos com a finalidade de reduzir o número de pontos experimentais, mas ainda mantendo-se a condição adequada para a análise estatística dos dados. Dessa forma, os planejamentos ou delineamentos compostos centrais (DCC), vêm constituindo-se em um forte competidor dos planejamentos fatoriais completos e dos planejamentos fracionários (CONAGIN, 1999). Esses delineamentos, baseados no emprego de fatoriais, foram inicialmente desenvolvidos por Box e Wilson (1951) para o estudo de funções polinomiais de resposta na indústria, onde o erro experimental, em geral, é pequeno e as condições experimentais são facilmente controláveis e, posteriormente, foram adaptados a outros ramos da ciência (MATEUS et al., 2001; MATTIETO; MATTA, 2012).

A utilização de animais em pesquisas é justificada por melhoria na qualidade de vida dos animais e dos humanos (DANIELSKI, 2011). Devido o uso de animais no ensino, cresceram as preocupações éticas por parte da sociedade em relação ao bem-estar dos animais, as quais contribuíram na mudança de protocolos de experimentos visando diminuir a dor e o sofrimento

e a quantidade de animais a serem utilizados nos procedimentos (PACHECO et al.; 2012). Nesse caso, o delineamento composto central é uma boa alternativa de planejamento experimental, pois além de permitir trabalhar com menor número de animais por parcela, reduz o custo dos processos.

Em um DCC, além do fatorial 2^k , pontos axiais podem ser adicionados, aumentando o número de observações independentes (RODRIGUES; IEMMA, 2009). Ele é considerado um delineamento ótimo, pois requer poucos ensaios para sua realização e pode ser realizado sequencialmente, de forma a caminhar no sentido da otimização do sistema (MATEUS et al., 2001; RODRIGUES; IEMMA, 2009). Esses delineamentos também são considerados bastante flexíveis, possibilitando, para um determinado número de fatores, a escolha da alternativa de maior conveniência, ortogonalidade ou rotacionalidade, dependendo do valor de α (CONAGIN, 1982), que corresponde à distância entre um ponto axial para o ponto central (PORTAL ACTION, 2013). A ortogonalidade propicia a estimação independente para os coeficientes do modelo, ou seja, garante que o principal efeito e interação das estimativas de interesse sejam independentes uma das outras e a rotacionalidade proporciona variâncias idênticas para pontos situados à mesma distância do centro, em qualquer direção, uma vez que, neste modelo, todos os pontos escolhidos no espaço amostral são equidistantes do ponto central (CONAGIN, 1999).

A metodologia do Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) consiste em um grupo de procedimentos estatísticos e matemáticos que podem ser usados no estudo das inter-relações entre uma ou mais respostas (variáveis dependentes) com inúmeros fatores (variáveis independentes) (CONAGIN, 1982; MATTIETO; MATTA, 2012). O DCCR consta de uma parte fatorial, uma parte axial e pontos centrais, que são obtidos adicionando-se ao esquema fatorial 2^k (k = número de fatores) outras combinações de tratamentos, de forma que o número de tratamentos seja dado por $2^k + 2k + n$, onde 2^k = número de pontos na parte fatorial, $2k$ = número de pontos na parte axial e n = número de pontos centrais (BATISTA et al., 1994; CONAGIN, 1982; GHOSH; SWAMINATHAN, 2003; RODRIGUES; IEMMA, 2009) (Figura 1). O ponto central deve estar próximo da área mais importante das decisões do experimento e pode ser repetido P vezes, fazendo com que o delineamento

fique constituído de $2^k + 2k + P$ tratamentos (BATISTA et al., 1994; CONAGIN, 1982; RODRIGUES; IEMMA, 2009).

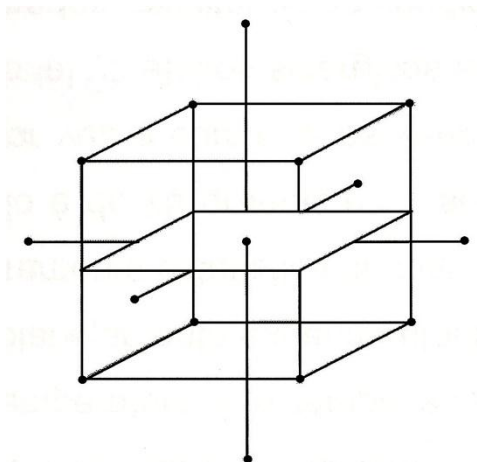


FIGURA 1 – Delineamento Composto Central Rotacional – DCCR

(Fonte: HAALAND, 1989)

Apesar de diminuir um pouco a eficiência média geral, o aumento de pontos centrais permite a estimativa do erro geral e aumenta a informação obtida na região (CONAGIN, 1982). Os pontos axiais são situados nos eixos do sistema de coordenadas com distância α da origem. Segundo Myers e Montgomery (1995) e Late et al., (2009) são esses pontos que contribuem de grande modo na estimativa dos termos quadráticos do modelo, não contribuindo para a estimativa dos efeitos das interações, cujos responsáveis são os pontos cúbicos. O ponto central, além de ser responsável também pela estimativa dos efeitos quadráticos, possibilita a estimativa do erro puro, quando é repetido.

Neste trabalho, para distribuir os tratamentos entre as unidades experimentais, adotou-se um delineamento composto com a finalidade de reduzir o número de pontos experimentais, mas ainda mantendo-se a condição adequada para a análise estatística dos dados.

2.7 Metodologia da Análise de Superfície de Resposta (MSR)

A metodologia de superfície de resposta (MSR) é, atualmente, o mais popular conjunto de técnicas utilizado para a otimização de processos. A primeira etapa desta técnica consiste na escolha de um delineamento

experimental de planejamentos fatoriais (como o DCCR, por exemplo), seguida de modelagem matemática, que é realizada ajustando modelos lineares ou quadráticos aos resultados experimentais (BARROS NETO et al., 2007). Após esta etapa, é possível deslocar-se sobre a superfície de resposta ajustada, a fim de localizar regiões que satisfaçam condições de interesse. Portanto, a MSR constitui-se num método estatístico que emprega dados quantitativos obtidos em delineamentos experimentais apropriados para determinar e, simultaneamente, resolver equações multivariadas (GIOVANNI, 1983). Essas equações podem ser representadas graficamente como uma superfície de resposta que pode ser usada de três maneiras: para descrever o quanto as variáveis afetam a resposta; para determinar as interações entre as variáveis do teste, ou para descrever o efeito combinado de todas as variáveis na resposta, tornando-se, portanto, um método de otimização (GIOVANNI, 1983). Castro et al (2005), por exemplo, utilizaram a MSR para avaliar a interação entre α -tocoferol, β -caroteno e licopeno na formulação de um suplemento nutricional. Os autores não encontraram sinergismo entre os três componentes e, ainda, sugeriram o uso da MSR para estimar o comportamento de uma mistura de ingredientes em suplementos nutricionais. Dessa forma, a MSR é utilizada quando se deseja encontrar combinações de valores experimentais que irão gerar um modelo de respostas ótimas, que podem ser máximas ou mínimas, dependendo da sua natureza (CHEN et al., 1993).

Uma das vantagens do uso da MSR consiste na economia de recursos financeiros e tempo, proporcionada pelo delineamento, gerando curvas como respostas, que possibilitam a obtenção do mesmo resultado com diferentes proporções entre as variáveis, sem a necessidade de se repetir exaustivamente os ensaios experimentais (BARRETO et al., 2003). Toufeili et al. (1994), por exemplo, utilizaram a MSR para definir os níveis de metilcelulose, goma arábica e ovoalbumina necessários para formular um pão livre de gluten que mantivesse os atributos sensoriais compatíveis com as do pão feito regularmente com trigo. Para isso, os autores utilizaram um delineamento central composto rotacionado, com três variáveis em cinco níveis e fizeram seis repetições no ponto central, o que resultou em 20 formulações.

Por isso, a MSR é muito utilizada na área de ciências de alimentos para a análise de problemas nos quais a variável de resposta de interesse é

influenciada por diversas variáveis independentes e onde o objetivo seja otimizar a variável resposta, permitindo aperfeiçoar a formulação de produtos, minimizando custos e maximizando propriedades desejáveis no processamento (ARTEAGA et al., 1994).

A suplementação da ração de aves com pigmentantes eleva o custo final da ração, na proporção direta da quantidade de carotenoides a serem utilizados para se atingir a demanda do mercado consumidor pela cor da gema. Considerando o potencial pigmentante das xantofilas do milho e a preferência do mercado consumidor por gemas de ovos de cor intensa, este trabalho se propôs a investigar os efeitos de diferentes fontes e concentrações de carotenoides na ração sobre a cor da gema, utilizando o Programa Prático para Formulação de Ração – PPFR, um programa que permite o ajuste adequado entre as proporções de pigmentos suplementares e os pigmentos próprios da ração base (GARCIA NETO, 2013).

Assim, o objetivo deste projeto de pesquisa foi identificar as proporções mais eficientes de pigmentos amarelos e vermelhos na ração de milho capazes de promover a maior intensidade para a cor das gemas.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12806: **Análise sensorial de alimentos e bebidas:** terminologia. Rio de Janeiro. 1993. 8f.

AGARRY, S. E.; SOLOMON, B. O.; AUDU, T. O. K. Optimization of process variables for the batch degradation of phenol by *Pseudomonas fluorescence* using response surface methodology. **Internacional Journal of Chemical Technology**, v.2, p.33-45, 2010.

ALCÂNTARA, J. B. **Qualidade físico-química de ovos comerciais:** avaliação e manutenção da qualidade. Goiânia, 2012. 31f. Seminários aplicados

(Doutorado em Ciência Animal) Universidade Federal de Goiás – Escola de Veterinária e Zootecnia de Goiânia, 2012.

ALLEONI, A. C.; ANTUNES, A. J. Unidade Haugh como medida da qualidade de ovos de galinha armazenados sob refrigeração. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.58, n.4, p.681–685. 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sa/v58n4/6283.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2013.

AMBROSIO, C. L. B.; CAMPOS, F. A. C. S.; FARO, Z. P. Carotenoides como alternativa como hipovitaminose A. **Revista de Nutrição**, v.19, p.233-43, 2006.

ARTEAGA, G. E.; LI-CHAN, E.; VAZQUES-ARTEAGA, M.C.; NAKAI, S. Systematic experimental designs for product formula optimization. (Review). **Trends in Food Science and Technology**, v.5, p.243-253, 1994.

AURELI, R.; PHILLIPPS, P.; SCHIERLE, J.; FUNDA, E.; GADIENT, M. Comparison of the effectiveness of different red pigments on the pigmentation of egg yolks. In: WORLD POULTRY SCIENCE ASSOCIATION (WPSA), 3., 2009. St Malo. **Proceedings...** St Malo: France. World Poultry Science, 2009. p.34.

BARRETO, A. C. S.; IDA, E. I.; SILVA, R. S. S. F.; TORRES, E. A. F. S.; SHIMOKOMAKI, M. Empirical models for describing poultry meat lipid oxidation inhibition by natural antioxidants. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.16, p.587-594, 2003.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. Campinas: Unicamp Editora, 2007. 480p.

BATISTA, L. B.; FARIA, E. H. S.; RODRIGUES, M. E. O. C.; BATISTA, K. M.; GUIMARÃES, V. F. Delineamento fatorial duplo. **Semina: Ci. Exatas/Tecnologia**, Londrina, v.14/15, n.4, p.346-359, dez. 1993/dez. 1994.

BOTELLA-PAVÍA, P.; RODRÍGUEZ-CONCEPCIÓN, M. Carotenoid biotechnology in plants for nutritionally improved foods. **Physiologia Plantarum**, v.126, p.369–381, 2006.

BOX, G. E. P.; WILSON, K. B. On the experimental attainment of optimum conditions. **Journal of the Royal Statistical Society**, v.B13, p.1-45, 1951.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução N° 18, de 30 de abril de 1999. Aprova o regulamento técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, de 03 de maio de 1999. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/815ada0047458a7293e3d73fbc4c6735/RESOLUCAO_18_1999.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 23 set. 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Milho**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/milho>>. Acesso em: 29. mar. 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Legislação: RIISPOA - Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal – Brasília: MAPA/SDA/DIPOA, 2007. 252p.

BRAWNER, W. R.; HILL, G. E; SUNDERMANN, C. A. Effects of coccidial and mycoplasmal infections on carotenoid-based plumage pigmentation in male house finches. **Auk**, v.117, p.952–963, 2000.

BREITHAUPT, D. E. Modern Application of xanthophylls in animal feeding: a review. **Trends in Food Science and Technology**, v.18, p.501–506, 2007.

CABUELA, I. Contribution to the study of carotenoids metabolism in the maize grain. In: MEETING OF THE MAIZE AND SORGHUM SECTION OF

EUCARPIA, 5., 1971, Budapest. **Proceedings...** Budapest: Akademiai Kiado, 1971. p.85-91.

CASTAÑEDA, M. P.; HIRSCHLER, E. M.; SAMS, A. R. Skin pigmentation evaluation in broilers fed natural and synthetic pigments. **Poultry Science**, v.84, p.143–147, 2005.

CASTRO, I. A.; BARROS MORAES, S. B.; LANFER MARQUEZ, U. M.; MOTIZUKI, M.; HIGASHI SAWADA, T. C. Optimization of the antioxidant capacity of a mixture of carotenoids and α -tocopherol in the development of a nutritional supplement. **Food Research International**, v.38, p.861-866, 2005.

CHEN, B. H.; YANG, S. H. An improved analytical method for the determination of carotenes and xanthophylls in dried plant materials and mixed feeds. **Food Chemistry**, v.44, p.61-66, 1992.

CHEN, J. S.; LEE, C. M.; CRAPO, C. Linear programming and response surface methodology to optimize surimi gel texture. **Journal of Food Science**, v.58, n.3, p.535-538, 1993.

CONAGIN, A. Delineamento composto central com duas estrelas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.9, p.1261-1269, 1982.

CONAGIN, A. Discriminative power of the modified Bonferroni's test under general and partial null hypothesis. **Revista de Agricultura**, v.74, p.117-126, 1999.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Champagnat, 2007. 239p.

EMBRAPA. **Manual de segurança e qualidade para avicultura de postura**. Brasília, 2004. 97p. (Qualidade e Segurança dos Alimentos). Projeto PAS Campo. Convênio CNI/SENAI/SEBRAE/EMBRAPA. Disponível em:

<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/111866/1/MANUALSEGURANCAQUALIDADEaviculturadepostura.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2013.

FIGUEROA, S. F.; PÉREZ, L. C.; BARRERAS, S. A.; SILVA, P. L. E.; CHÁVEZ, C. M.; HERNÁNDEZ, M. S.; SOTELO, F. A. P.; AGUILAR, D. V. M.; JUÁREZ, C. L. D. Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre la calidad física y microbiológica del huevo lavado con cinco días de almacenamiento: avances de investigación In: CONGRESO DE CIENCIA DE LOS ALIMENTOS, Y V FORO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS, 9., 2007, México. **Anais...** Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias. Universidad Autónoma de Baja California. 2007.

FRANCHINI, A.; PADOA, E. I pigmenti nell' alimentazione del pollo da carne. **Rivista di Avicoltura**, v.65, p.22-30, 1996.

GARCIA, E. A.; MENDES, A. A.; GONÇALVES, H. C.; OLIVEIRA, R. P.; SILVA, M. A. Efeitos dos níveis de cantaxantina na dieta sobre o desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Ciência Tecnológica Avícola**, v.4, p.55-61, 2002.

GARCIA NETO, M. **PPFR – Programa prático para formulação de ração**: Versão Excel 2010. Disponível em: <<http://www.fmva.unesp.br/ppfr>>. Acesso em: 24 fev. 2013.

GHOSH, S.; SWAMINATHAN, T. Optimization of process variables for the extractive fermentation of 2,3-butanediol by klebsiella oxytoca in aqueous two-phase system using response surface methodology. **Chemical and Biochemical Engineering Quarterly**, v.17, p.319-326, 2003.

GIOVANNI, M. Response surface methodology and product optimization. **Food Technology**, v.37, n.11, p.41-45, 1983.

GROSS, J. **Pigments in fruits**. London: Academic Press, 1987. 87-258 p.

GROSS J. **Pigments in vegetables: chlorophylls and carotenoids**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 351p.

HAALAND, P. D. **Experimental design in biotechnology**. New York: Marcel Dekker. 1989.

HENCKEN, H. Chemical and physiological behavior of feed carotenoids and their effects on pigmentation. **Poultry Science**, v.71, p.711–717, 1992.

HERNANDEZ, J. M. Stable pigmenting carotenoids: a new concept for Least Cost Pigmentation. **Journal Animal Feed Science and Technology**, v.5, n.6, p.43-47, 2001.

HERNANDEZ, J. M.; BLANCH, A. Perceptions of egg quality in Europe. **Internacional Poultry Production**, v.8, p.7-11, 2000.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores IBGE: Estatística da produção agrícola**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201310comentarios.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2013.

JANICK-BUCKNER, D.; HAMMOCK, D. J.; JOHNSON, J. M.; OSBORN, J. M.; BUCKNER, B. Biochemical and ultrastructural analysis of the y10 mutant of maize. **Journal of Heredity**, v.90, p.507-513, 1999.

KLAUI, H.; BAUERNFEIND, J. C. Carotenoids as food colors. In: Bauernfeind JC, editor. **Carotenoids as colorants and vitamin A precursors**. New York (NY): Academic Press, 1981. p.47-319.

KLJAK, K.; DRDIC, M.; KAROLYI, D.; GRBESA; D. Pigmentation Efficiency of Croatian Corn Hybrids in Egg Production. **Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition**, v.7, p.23-27, 2012.

LAI, S. M.; GRAY, J. I.; FLEGAL, C.J. Deposition of carotenoids in eggs from hens fed diets containing saponified and unsaponified oleoresin paprika. **Journal of Science and Food Agriculture**, v.72, p.166–170, 1996.

LATE, S. G.; YU, Y. Y.; BANGA, A. K. Effects of disintegration-promoting agent, lubricants and moisture treatment on optimized fast disintegrating tablets. **International Journal of Pharmaceutics**, v.365, p.4-11, 2009.

LEANDRO, N. S. M.; DEUS, H. A. B.; STRINGHINI, J. H.; CAFÉ, M. B.; ANDRADE, M. A.; CARVALHO, F. B. Aspectos de qualidade interna e externa de ovos comercializados em diferentes estabelecimentos na região de Goiânia. **Ciência Animal Brasileira**, v.6, n.2, p.71-78, 2005.

LIUFA, W.; XUFANG, L.; CHENG, Z. Carotenoids from *Alocasia* leaf meal as xanthophyll sources for broiler pigmentation. **Tropical Science**, v.37, p.116-122, 1997.

LOT, L. R. T.; BROEK, L. V. D.; MONTEBELLO, P. C. B.; CARVALHO, T. B. de. Mercado de ovos: panorama do setor e perspectivas. In: CONGRESSO DA SOBER “Instituições, Eficiência, Gestão e Contratos no Sistema Agroindustrial”, 43., 2005, São Paulo. **Anais...** Ribeirão Preto, 2005.

MATEUS, N. B.; BARNIN, D.; CONAGIN, A. Viabilidade de uso do delineamento composto central. **Acta Scientiarum Maringá**, v.23, n.6, p.1537-1546, 2001.

MATTIETO, R. A.; MATTA, V. M. Utilização de um delineamento composto central rotacional para avaliação microbiológica de polpas de açaí pasteurizadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 19., 2012. **Anais...** Búzios, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/70610/1/2012-184.pdf>>. Acesso em: 2 de abr. 2013.

MAZZUCO, H. Ovo: alimento funcional, perfeito à saúde. **Avicultura Industrial**. v.99, n.1164, p.12–16, 2008.

MELENDEZ-MARTÍNEZ, A. J.; VICARIO, I. M.; HEREDIA, F.J. Estabilidad de los pigmentos carotenoides em los alimentos. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v.54, n.2, p.209–215, 2004.

MININ, V. P. R. **Análise sensorial**: estudos em consumidores. Viçosa: Editora UFV, 2006. 225p.

MYERS, R. H.; MONTGOMERY, D. C. **Response surface methodology**: process and product optimization using designed experiments. New York: John Wiley & Sons, 1995. 700p.

PORTAL ACTION. **Experimento de composição central**. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/622-631-delineamento-composto-central>>. Acesso em: 2 abr. 2013.

RÊGO, I. O. P.; CANÇADO, S. V.; FIGUEIREDO, T. C.; MENEZES, L. D. M.; OLIVEIRA, D. D.; LIMA, A. L.; CALDEIRA, L. G. M.; ESSER, L. R. Influência do período de armazenamento na qualidade do ovo integral pasteurizado refrigerado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.3, p.735-742, 2012.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos**. Campinas: Casa do Pão Editora, 2005. 325p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington, DC: International Life Sciences Institute, 2001. 64p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Nature and distribution of carotenoids in foods. In: CHARALAMBOUS G. (Ed.). **Shelf-life studies of foods and beverages**: chemical, Biological, Physical and Nutritional Aspects. Amsterdam: Elsevier Science, 1993. p.547-589.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F.T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2011. 252p.

SEEMANN, M. **Factors which influence pigmentation**. Cuxhaven, Germany. n.24, p.20. 2000. Disponível em: < http://lohmann-information.com/content/l_i_24_article_4.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2013.

SEIBEL, N. F. Transformações bioquímicas durante o processamento do ovo. In: SOUZ-SOARES, L. A.; SIEWERDT, F. **Aves e ovos**. Pelotas: UFPEL, 2005. p.77-90.

SEIXAS, E.; SEIXAS, G. A plumagem dos canários: comprimento, pigmentação e colocação **Revista da UPCC**, p.1-5. 2001. Disponível em: <http://www.spco.com.br/Artigos_tecnicos/plumagem.pdf>. Acesso em 15 mai. 2013.

TACO. Tabela brasileira de composição de alimentos. 4.ed. revisada e ampliada. Campinas: UNICAMP-NEPA, 2011. 161p. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/nepa/taco>>. Acesso em: 30 set. 2013.

TARIQUE, T. M.; YANG, S.; MOHSINA, Z.; QIU, J.; ZHAO, Y.; GANG, C.; ALIANG, C. Role of carotenoids in poultry industry in china: a review. **Journal of Natural Sciences Research**, v.3, n.9, p.111-121, 2013.

TOUFEILI, I.; DAGHER, S.; SHADAREVIAN, S.; NOUREDDINEI, A.; SARAQBI, M.; FARRAN, M, T. Formulation of gluten-free pocket-type flat breads: optimization of methylcellulose, gum arabic, and egg albumen levels by response Surface Methodology. **Cereal Chemistry**, v.71, n.6, p.594-601, 1994.

TYCZKOWSKI, J.; SCHAEFFER, J. L.; HAMILTON, P. B. Measurement of malabsorption of carotenoids in chickens with palebird syndrome. **Poultry Science**, v.70, p.2275-2279, 1991.

UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA – UBABEF. **Relatório anual 2012**. Disponível em: <<http://www.abef.com.br/ubabef/exibenoticiaubabef.php?notcodigo=3293>>. Acesso em: 15 mai. 2013.

USDA. Departamento de agricultura dos Estados Unidos. **National Nutrient Database for Standard Reference, release 25 – food group 1: dairy and egg products**. 2012. Disponível em: <<http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/12354500/Data/SR25/reports/sr25fg01.pdf>>. Acesso em: 15 mai 2013.

CAPÍTULO 2 – ARTIGO CIENTÍFICO: OTIMIZAÇÃO DA PIGMENTAÇÃO DA GEMA DO OVO

Otimização da pigmentação da gema do ovo

Lígia Mara Sandeski, Elisa Helena Giglio Ponsano, Manoel Garcia Neto

Departamento de Apoio, Produção e Saúde Animal, Curso de Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Unesp. 793 Clóvis Pestana, Araçatuba, SP, 16050-680, Brasil.

Resumo

A coloração da gema é dependente da absorção e da deposição dos carotenoides presentes na dieta da ave e representa uma característica sensorial de grande influência sobre a aceitabilidade do produto. O milho, ingrediente energético bastante utilizado na composição de ração de galinhas poedeiras, também apresenta potencial pigmentante, que deve ser explorado quando o objetivo é fornecer pigmentação à gema. Este trabalho teve como objetivo otimizar as proporções entre pigmentos amarelos e vermelhos em rações contendo milho como principal fator energético para galinhas poedeiras visando promover a maximização da coloração de gema. Sessenta galinhas poedeiras da linhagem *Dekalbe* em fase de postura foram alocadas individualmente em gaiolas em galpão apropriado, onde receberam as rações experimentais durante 21 dias, com arraçoamento diário de 110 g e água à vontade. Foram aplicados 15 tratamentos, definidos por um delineamento composto central rotacional em que as variáveis estudadas foram os pigmentos amarelos provenientes dos ingredientes da ração (milho + farelo de gluten de milho), os pigmentos amarelos suplementares (luteína + zeaxantina) e os pigmentos vermelhos suplementares (cantaxantina), cada uma com três concentrações distintas. As aves foram pesadas no início e ao final do experimento e o peso dos ovos foi registrado diariamente. A cor das gemas foi determinada pelos métodos objetivo (L , a , b) e subjetivo (leque colorimétrico). A aceitação global das gemas foi determinada por meio de escala hedônica de

cinco pontos. Os resultados obtidos foram submetidos a análises de variâncias, testes de comparação de médias (teste t e teste de Dunn) e à análise de regressão pela metodologia de superfície de resposta, adotando-se o nível de significância de 5%. O peso final das aves e o peso dos ovos não foram influenciados pelos diferentes tratamentos. Sete cores distintas para as gemas foram identificadas pelo leque de cor. As gemas de cor 9, provenientes do tratamento que forneceu o máximo de pigmentos amarelos totais (2,0 mg/ave/dia) e nenhuma quantidade de pigmentos suplementares vermelhos, receberam o maior índice de aceitação. Já as gemas de cor 14, provenientes dos tratamentos que forneceram a concentração máxima de pigmento vermelho suplementar testada (0,7 mg/ave/dia), além dos pigmentos amarelos, foram as mais rejeitadas pelo público estudado. A interação entre as xantofilas amarelas totais e os pigmentos vermelhos suplementares afetou significativamente os atributos da cor objetiva das gemas e a análise de superfície de resposta mostrou serem suficientes 0,5 mg/ave/dia de pigmentos vermelhos e 1,5 mg/ave/dia de pigmentos amarelos para promover a maximização do tom vermelho.

Palavras-chave: carotenoides, coloração, milho, xantofilas.

Abstract

The color of the egg yolk depends on the absorption and the deposition of carotenoids present in the hens' diets and represents a sensory characteristic of great impact on the product acceptance. Corn is commonly used as energy value ingredient for hens' diets formulations. Moreover, due to its additional pigmentation properties, it might be used to color egg yolk. The purpose of this research was to optimize the proportions between yellow and red pigments in hens' corn based rations to provide color maximization for yolks. Sixty *Dekalbe* laying hens were separately distributed in cages inside a rearing barn to receive the experimental diets for 21 days at a daily feeding of 110 g and water *ad libitum*. Fifteen treatments were defined by means of a central composite rotatable design in which the variables were the yellow pigments from the diets (corn + gluten meal), the yellow supplementary pigments (lutein + zeaxanthin) and the red supplementary pigments (cantaxanthin), each of them at three different concentrations. Hens' weights were recorded at the beginning and at

the end of the experiment and the eggs weights were recorded daily. Yolks colors were determined by means of objective (L , a , b) and subjective (color fan) measurements. Global acceptance of yolks color was investigated with a five points hedonic scale. The results were analyzed by ANOVA, means comparison tests (t test and Dunn test) and regression analysis by Response Surface Methodology, at 5% significance level. Hens` final weights and eggs weights were not influenced by the treatments. Seven distinct colors for yolks were identified with the color fan. The most preferred yolks scored 9 and derived from the treatment which provided the highest yellow pigments concentrations (2.0 mg/hen/day) and no red pigments while the most rejected yolks scored 14 and derived from treatments which provided the highest concentration of red pigment (0.7 mg/hen/day), besides the yellow ones. Total yellow xanthophylls and red supplementary pigments had significant interaction on the objective color definition and the concentrations of 0.5 mg/hen/day of red pigments and 1.5 mg/hen/day of yellow pigments were enough to provide the maximization of the red color for the egg yolks. The interaction between total yellow xanthophylls and red supplementary pigments significantly affected the yolks color attributes and the response surface analysis indicated that 0.5 mg/hen/day of red pigments and 1.5 mg/hen/day of yellow pigments were enough to provide the maximization of the red values.

Keywords: carotenoids, color, corn, xanthophylls.

1 Introdução

O ovo é um dos alimentos mais completos da dieta humana, apresentando uma composição rica em vitaminas, minerais, ácidos graxos e proteínas de excelente valor biológico (RÊGO et al., 2012). É uma excelente fonte natural das vitaminas A, D, E, K, B2 (riboflavina) e B12, com notória ausência da vitamina C (USDA, 2012). Segundo a União Brasileira de Avicultores, o ovo está presente na dieta alimentar de 99% das famílias brasileiras, pois apresenta preços acessíveis e faz parte do hábito alimentar, embora o consumo esteja abaixo da média de países como Estados Unidos, México e Colômbia (UBABEF, 2012).

A cor da gema do ovo é proveniente da absorção dos pigmentos carotenoides presentes na dieta da ave, uma vez que os animais não apresentam habilidades em sintetizá-los (BREITHAUPT, 2007; GARCIA et al., 2002; SEEMANN, 2000; SEIXAS; SEIXAS, 2001). Embora a coloração da gema não indique qualidade nutricional, ela é utilizada como uma ferramenta para avaliar a qualidade dos ovos, pois apresenta uma importante função na percepção geral desse alimento, funcionando como um critério para a escolha dos ovos pelo consumidor (HERNÁNDEZ; BLANCH, 2000; SEEMANN, 2000).

O milho é um ingrediente bastante utilizado na elaboração de dietas para galinhas poedeiras, pois apresenta excelente valor energético e custo acessível para o produtor, além de ser fonte de carotenoides como luteína, betacriptoxantina, zeaxantina (classificados como oxicarotenoides), betacaroteno, alfacaroteno e betazeacaroteno (classificados como carotenos) (ANDRIGUETO, 2002; JANICK-BUCKNER et al., 1999; RODRIGUEZ-AMAYA, 2001). Por isso, a contribuição desses carotenoides para a definição da cor da gema não deve ser negligenciada (KLJAK et al., 2012). No entanto, quando utilizado como única fonte de oxicarotenoides na dieta de poedeiras, o milho é incapaz de promover a coloração desejada para as gemas por alguns mercados consumidores (SILVA et al., 2000). Por esse motivo, é prática comum na atividade de criação de aves de postura adicionar pigmentos carotenoides suplementares à ração (AURELI et al., 2009; HENCKEN, 1992).

Os carotenoides utilizados para esse fim devem ser os oxicarotenoides, também denominados xantofilas, pois apresentam funções oxigenadas em suas moléculas, satisfazendo a condição essencial para assegurar a deposição nos tecidos animais (HERNÁNDEZ, 2001). Entre os oxicarotenoides sintéticos utilizados na ração para conferir pigmentação amarela às gemas estão o apoester, luteína e zeaxantina e, para conferir a coloração vermelha, a cantaxantina, citranaxantina, capsantina e capsoburina (CASTAÑEDA et al., 2005). Dessa forma, verifica-se que a intensidade das cores amarelo e vermelho das gemas pode ser controlada pela concentração e pelo tipo de xantofilas na ração até se atingir a cor alvo desejada pelo mercado consumidor (CHEN; YANG, 1992; HERNÁNDEZ, 2001; LAI et al., 1996).

No entanto, a suplementação da ração de aves com carotenoides eleva o custo final da ração, na proporção direta da quantidade a ser utilizada para se

atingir a demanda do mercado consumidor pela cor da gema, o que justifica a importância de se conhecer o tipo, a concentração e o potencial pigmentante de cada ingrediente utilizado com essa finalidade (HERNÁNDEZ, 2001). Por isso, este trabalho se propôs a considerar a presença das xantofilas dos ingredientes componentes da ração na busca da otimização das quantidades de carotenoides sintéticos a serem adicionados visando à maximização da cor das gemas.

Assim, o objetivo deste projeto de pesquisa foi identificar as proporções mais eficientes de pigmentos carotenoides amarelos e vermelhos na ração de milho capazes de promover a maior intensidade para a cor das gemas.

2 Material e métodos

O experimento foi conduzido no galpão de postura do Setor de Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária da UNESP, campus de Araçatuba - FMVA durante os meses de maio a julho de 2012. Sessenta galinhas poedeiras comerciais da linhagem *Dekalbe* brancas, em fase de postura, foram alojadas individualmente em gaiolas aramadas e arraçoadas diariamente, uma vez ao dia, recebendo 110 g de ração e água à vontade.

As variáveis independentes estudadas foram os pigmentos amarelos próprios dos ingredientes da ração (milho + farelo de glúten de milho); os pigmentos amarelos suplementares (luteína + zeaxantina); e os pigmentos vermelhos suplementares (cantaxantina), cada uma delas com três concentrações distintas, estabelecidas da seguinte forma: somatória de pigmentos amarelos dos ingredientes da ração (1,0, 1,25, 1,5 mg/ave/dia); pigmentos amarelos suplementares em quantidades utilizadas comercialmente (0, 0,25, 0,5 mg/ave/dia); e pigmentos vermelhos suplementares em quantidades utilizadas para o mesmo fim (0, 0,35, 0,7 mg/ave/dia). Para a formulação das rações, utilizou-se um esquema fatorial incompleto no modelo de Delineamento Composto Central Rotacional, seguindo o esquema $2^k + 2k + n$, onde k = número de fatores e $n = 1$ (1 repetição no ponto central). (RODRIGUES; IEMMA, 2009). Dessa forma, o delineamento experimental resultou nos 15 tratamentos apresentados na Tabela 1.

Os ingredientes para o preparo das rações foram adquiridos do comércio local e os pigmentantes *Carophyll Red* (cantaxantina 10%, DSM) e Xamacol 40

(luteína + zeaxantina 40%, Novus) foram adquiridos de representantes comerciais dos fabricantes. A formulação da ração foi definida com a utilização do software livre PFR - Programa Prático para Formulação de Ração versão Excel 2010 (GARCIA NETO, 2013), de modo a atender aos requisitos nutricionais estabelecidos por Rostagno et al. (2011). O preparo das rações foi realizado na fábrica de rações do Setor de Zootecnia da FMVA.

Durante os primeiros 30 dias do experimento, todas as aves receberam a ração basal equivalente ao Tratamento 1 (T1) apresentado na Tabela 1, a fim de uniformizar a cor inicial das gemas. Depois disso, a aplicação dos tratamentos ocorreu durante 21 dias. Adotou-se um foto-período de 16 horas por dia durante todo o período experimental. Foram realizadas quatro repetições de cada tratamento e as variáveis dependentes analisadas incluíram peso das aves, peso dos ovos, coloração das gemas e aceitação do consumidor.

Para obter os dados de ganho de peso (g/tratamento) e peso dos ovos (g/tratamento) as aves foram pesadas individualmente no início e ao final do experimento, e os ovos foram pesados diariamente.

Para a determinação da cor, clara e gema foram separadas manualmente e as gemas foram acondicionadas em um recipiente de acrílico. Para a determinação objetiva da cor, utilizou-se o colorímetro portátil *MiniScan XE Plus* (HunterLab) calibrado com padrões branco e preto para a leitura dos atributos L , a e b . O valor L fornece a luminosidade, variando do branco ($L=100$) ao preto ($L=0$), enquanto que o valor a caracteriza a coloração na região do vermelho e o valor b caracteriza a coloração na região do amarelo. Foram realizadas três leituras consecutivas, utilizando-se iluminante D65 e ângulo de observação de 10° e o valor médio foi o considerado. Para a determinação subjetiva da cor, foi feita a comparação da cor das gemas com a escala de cor do Leque Colorimétrico da Roche, que varia de 1 a 15, sendo 1 o amarelo mais pálido e 15 o alaranjado mais intenso.

Tabela 1 – Composição calculada dos ingredientes na ração de galinhas poedeiras

Ingredientes (%)	Tratamentos														
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15
Milho	57,871	57,872	57,871	57,872	57,871	67,484	67,478	67,472	67,467	67,461	67,801	67,789	67,783	67,778	67,764
Soja farelo - 45%	20,271	20,275	20,277	20,278	20,282	20,822	20,823	20,823	20,823	20,824	19,570	19,570	19,571	19,571	19,572
Calcário calcítico	8,669	8,669	8,669	8,669	8,669	8,625	8,625	8,625	8,625	8,625	8,631	8,631	8,631	8,631	8,631
Trigo farelo	8,360	8,348	8,343	8,338	8,326	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Fosfato bicálcico	1,279	1,279	1,279	1,279	1,280	1,378	1,378	1,378	1,378	1,378	1,378	1,378	1,378	1,378	1,378
Sal comum	0,480	0,480	0,480	0,480	0,480	0,479	0,479	0,479	0,479	0,479	0,479	0,479	0,479	0,479	0,480
Óleo de soja	2,710	2,711	2,712	2,712	2,714	0,429	0,431	0,433	0,435	0,436	0,097	0,101	0,103	0,105	0,109
Glúten farelo de milho - 60%	--	--	--	--	--	0,432	0,432	0,433	0,433	0,434	1,689	1,691	1,691	1,691	1,693
Polinúcleo de postura*	0,333	0,333	0,333	0,333	0,333	0,333	0,333	0,333	0,333	0,333	0,333	0,333	0,333	0,333	0,333
DL-Metionina	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	--	--	--	--	--
L-Lisina HCL	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022
Pigmento amarelo**	--	--	0,006	0,012	0,012	--	0,006	0,006	0,006	0,012	--	--	0,006	0,012	0,012
Pigmento vermelho***	--	0,006	0,003	--	0,006	0,003	--	0,003	0,006	0,003	--	0,006	0,003	--	0,006
Composição calculada															
Energia metabolizável	Kcal/kg	2805,600	2805,600	2805,600	2805,600	2805,600	2805,600	2805,600	2805,600	2805,600	2805,600	2805,600	2805,600	2805,600	2805,600
Proteína bruta	%	15,280	15,280	15,280	15,280	15,280	15,280	15,280	15,280	15,280	15,510	15,510	15,510	15,510	15,510
Cálcio	%	3,720	3,720	3,720	3,720	3,720	3,720	3,720	3,720	3,720	3,720	3,720	3,720	3,720	3,720
Fósforo disponível	%	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350
Potássio	%	0,620	0,620	0,620	0,620	0,620	0,570	0,570	0,570	0,570	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550
Sódio	%	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210
Cloro	%	0,330	0,330	0,330	0,330	0,330	0,330	0,330	0,330	0,330	0,330	0,330	0,330	0,330	0,330
Ácido linoleico	%	2,780	2,790	2,790	2,790	2,790	1,610	1,610	1,610	1,610	1,450	1,450	1,450	1,450	1,450
Lisina digestível	%	0,680	0,680	0,680	0,680	0,680	0,680	0,680	0,680	0,680	0,670	0,670	0,670	0,670	0,670
Metionina digestível	%	0,390	0,390	0,390	0,390	0,390	0,380	0,380	0,380	0,380	0,380	0,380	0,380	0,380	0,380
Metionina+cistina digestível	%	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610
Triptofano digestível	%	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160
Treonina digestível	%	0,510	0,510	0,510	0,510	0,510	0,520	0,520	0,520	0,520	0,520	0,520	0,520	0,520	0,520
Pigmento do ingrediente	mg/ave/dia	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,250	1,250	1,250	1,250	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
Pigmento amarelo**	mg/ave/dia	0,000	0,000	0,250	0,500	0,500	0,000	0,250	0,250	0,250	0,500	0,000	0,000	0,250	0,500
Pigmento vermelho***	mg/ave/dia	0,000	0,700	0,350	0,000	0,700	0,350	0,000	0,350	0,700	0,350	0,000	0,700	0,350	0,000

*Composição do suplemento polinúcleo de postura (quantidade/kg do produto): vit. A - 5.000.000 mg; vit. B1 - 500 mg; vit. B2 - 1.500 mg; vit. B6 - 500 mg; vit. B12 - 3.000 mcg; vit. D3 - 1.100.000 mg; vit E - 4.000 mg; vit. K3 - 1.000 mg; ácido fólico - 100 mg; biotina - 10 mg; cloreto de colina 50% - 100.000 mg; niacina - 10.000 mg; pantotenato de cálcio - 5.000 mg; Co - 50 mg; Cu - 3.000 mg; Fe - 25.000 mg; I - 500 mg; Mn - 25.000 mg; Se - 100 mg; Zn - 25.000 mg; DL-Metionina - 400.000 mg; Antibióticos ou Quimioterápicos - 30.000 mg; Antioxidante - 2.000 mg. **Pigmento Amarelo: Xamacol 40; ***Pigmento Vermelho: Carophyll Red

A aceitação da cor das gemas foi avaliada por 35 provadores adultos não treinados, selecionados previamente pelo hábito de consumir ovos e pela disponibilidade e interesse em participar do teste. As gemas foram apresentadas aos provadores em copos plásticos brancos descartáveis onde as identificações dos tratamentos estavam codificadas. Os provadores foram convidados a escolher a alternativa que, em seu entendimento, correspondia à sua opinião para a cor de cada gema apresentada, utilizando uma escala hedônica de aceitabilidade estruturada em 5 pontos, que correspondiam a: 1 - “desgostei muito”; 2 - “desgostei”; 3 - “indiferente”; 4 - “gostei”; e 5 - “gostei muito” (MININ, 2006).

Os pesos das aves e dos ovos foram submetidos à análise de variância e ao teste t para a comparação das médias. Os resultados da cor objetiva das gemas foram submetidos às análises de variância e de regressão utilizando-se a metodologia de superfície de resposta, enquanto que os resultados da cor subjetiva foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste de Dunn. Os dados provenientes da análise sensorial foram analisados pelos testes de Friedman e Dunn. As análises foram realizadas utilizando-se o pacote estatístico SAS 9.2 (2008), com nível de significância de 5%.

3 Resultados e discussão

A estabilização da cor das gemas para todos os tratamentos foi alcançada no décimo quinto dia de aplicação dos tratamentos. O tempo necessário para atingir a estabilização da cor das gemas varia com o tipo e a concentração de carotenoides presentes na dieta. No experimento de Hammershoj et al. (2009), por exemplo, foram necessários de 7 a 14 dias para ocorrer a estabilização da cor das gemas quando foram utilizados diferentes tipos de cenoura na suplementação da ração de poedeiras, enquanto que Ponsano et al. (2004) e Polonio et al. (2010), utilizando biomassa bacteriana como ingrediente pigmentante alternativo, encontraram a estabilização da cor das gemas com 20 e com 15 dias de aplicação, respectivamente.

Os tratamentos aplicados experimentalmente permitiram a definição de sete cores significativamente distintas para as gemas, medidas no leque de cor da Roche: cor 6 (T1), cor 7 (T4), cor 8 (T7 e T11), cor 9 (T14), cor 12 (T3), cor 13 (T6, T8, T10 e T13) e cor 14 (T2, T5, T9, T12 e T15). Assim, as gemas com

essas cores foram utilizadas para a análise sensorial, cujos resultados estão apresentados na Figura 1.

Pelos resultados apresentados, verifica-se que a cor 9 obteve os maiores índices de aceitação, com frequência de 31% para a nota 5 e de 34% para a nota 4. De acordo com a Tabela 1, verifica-se que essa cor foi alcançada quando o total de pigmentos amarelos na ração foi de 2,0 mg/ave/dia, sendo 1,5 mg proveniente dos ingredientes e 0,5 mg proveniente do pigmento amarelo suplementar, sem nenhuma proporção de pigmentos vermelhos. Na sequência, as cores 7 e 8, provenientes de tratamentos que forneceram um total de 1,5 mg/ave/dia de pigmentos amarelos totais, sem nenhuma suplementação com pigmentos vermelhos, receberam 43% de frequência para a nota 4. No outro extremo da avaliação sensorial, verifica-se que o maior índice de rejeição foi dado à cor 14, que recebeu 37% de nota 1 e 51% de nota 2. Essa última cor foi proveniente de tratamentos que forneceram a concentração máxima de pigmento vermelho suplementar testada (0,7 mg/ave/dia), além dos pigmentos amarelos. Isso significa que, para a população pesquisada, que reflete o gosto do consumidor da região, somente o aumento nas concentrações de pigmentos amarelos é suficiente para alcançar a satisfação pela coloração da gema, sendo dispensável a suplementação adicional com pigmentos vermelhos.

Esses resultados são corroborados por Mendes (2010), que afirma que a exigência para a cor da gema de ovos comuns está entre os números 9 e 10 do leque de cor da Roche. Ainda, de acordo com a autora, em lojas de ovos particulares ou com a marca de grandes redes de supermercados, a exigência pode atingir os números 11 a 12 do leque colorimétrico. Kljak et al. (2012) conseguiram alcançar valores entre 8,08 a 9,77 para a cor das gemas utilizando diferentes híbridos de milho como fonte de carotenoides, embora os autores afirmem que a preferência da população local (Croácia) seja por gemas com uma cor dourada intensa, aproximando-se do alaranjado, correspondente aos valores 10 a 12 do leque colorimétrico.

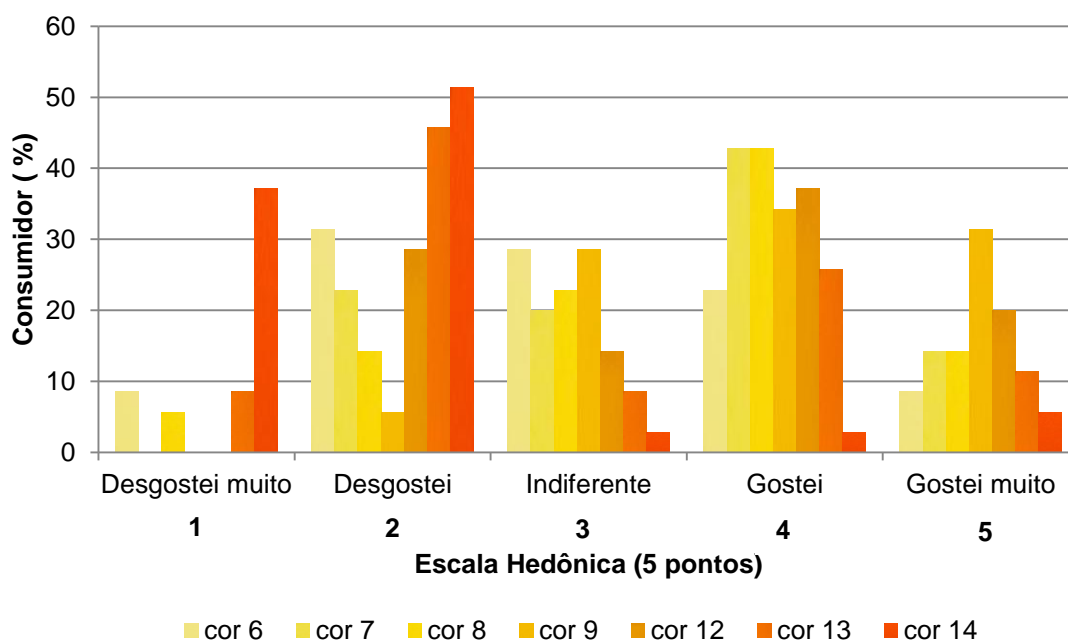


FIGURA 1 – Análise sensorial das cores de gemas definidas pelo leque de cores da Roche

A análise de variância dos dados da cor objetiva mostrou não haver efeitos significativos sobre nenhum dos atributos em decorrência das interações entre os pigmentos amarelos provenientes dos ingredientes da ração e os pigmentos amarelos adicionados ($P = 0,4675$, $P = 0,5857$ e $P = 0,6979$ para L , a e b , respectivamente). Isso significa que cada uma dessas fontes de carotenoides apresenta um potencial pigmentante independente dos demais e que o efeito pigmentante total é dado pela somatória dos efeitos individuais, o que remete ao Princípio do Efeito Aditivo ou Somativo. Segundo Detmann et al. (2008) e Hart (1987), esse efeito é verificado quando a soma entre as partes dos ingredientes é capaz de produzir um determinado efeito no sistema biológico, sem que haja interação entre elas. A partir dessa constatação, ficou estatisticamente autorizada a somatória dos pigmentos amarelos provenientes dos ingredientes da ração com os pigmentos amarelos adicionados para expressar o efeito da quantidade de pigmento amarelo total sobre os atributos da cor objetiva. Dessa forma, adotou-se para a análise de variância dos dados um esquema fatorial incompleto 5 x 3, onde os fatores foram representados por cinco concentrações de pigmentos amarelos totais (1,00, 1,25, 1,50, 1,75 e 2,00 mg/ave/dia) e três concentrações de pigmentos

vermelhos adicionais (0, 0,35 e 0,70 mg/ave/dia). A análise de variância para os resultados encontrados está apresentada na Tabela 2 e as análises de superfície, juntamente com as equações polinomiais para cada atributo da cor objetiva, estão apresentadas nas Figuras 2, 3 e 4.

Pela Tabela 2 pode-se verificar que o efeito da interação entre os pigmentos amarelos totais e os pigmentos vermelhos suplementares foi significativo para L , a e b , ou seja, a cor objetiva da gema mostrou-se dependente de ambas as concentrações de pigmentos, como resultado de um efeito associativo (não somativo) entre os componentes pigmentantes. O efeito associativo decorre da interação entre diferentes ingredientes de uma ração, resultando num desempenho maior ou menor do que o esperado para os ingredientes individuais e, por isso, é classificado como efeito associativo positivo ou negativo, respectivamente (ADESOGAN, 2008).

Neste experimento, verificou-se a existência de um efeito associativo positivo entre as xantofilas amarelas e os pigmentos vermelhos suplementares sobre o atributo de cor a (intensidade de vermelho). Esse efeito pode ser visualizado pela Figura 2, onde se observa que o tom vermelho foi intensificado com o aumento da concentração dos pigmentos amarelos e, principalmente, dos vermelhos. Já para o tom amarelo (valor b), a Figura 3 mostra a existência de um efeito associativo negativo, uma vez que esses valores foram negativamente influenciados pelas concentrações crescentes de pigmentos vermelhos, o que se justifica pelo aparecimento da coloração alaranjada, derivada da combinação dos pigmentantes. Ainda, pela observação da Figura 4, pode-se verificar que a cor tornou-se mais escura (menor valor L) conforme aumentaram as concentrações dos pigmentos vermelhos suplementares e dos amarelos totais, o que se justifica pela deposição dos carotenoides na gema. O gráfico de contornos apresentado na Figura 5 permite visualizar que, para atingir os máximos valores de a , cerca de 1,5 mg/ave/dia de pigmentos amarelos totais e de 0,5 mg/ave/dia de pigmentos vermelhos são suficientes, sendo desnecessária a administração de quantidades superiores desses pigmentos para se obter o mesmo efeito sobre a cor.

Tabela 2 – Coeficientes de Regressão e p-valor para o modelo de superfície de resposta dos atributos de cor: *L* (luminosidade) *a* (vermelho) e *b* (amarelo)

Parâmetros	<i>L</i>		<i>a</i>		<i>b</i>	
	Coeficientes de Regressão	p-valor	Coeficientes de Regressão	p-valor	Coeficientes de Regressão	p-valor
intercepto	67,081547	<0,0001	1,937780	0,2688	43,578977	<0,0001
vermelho suplementar (V)	-22,931954	0,0001	50,443485	<0,0001	-10,443118	<0,0192
amarelo total (A)	-1,639288	0,4833	9,545316	0,0002	13,324665	0,0377
vermelho suplementar x vermelho suplementar (V ²)	13,235888	<0,0001	-24,816448	<0,0001	16,931563	<0,0001
amarelo total x vermelho suplementar (AV)	1,890934	0,0277	-6,526130	<0,0001	-8,673107	0,0002
amarelo total x amarelo total (A ²)	0,207952	0,7969	-1,527713	0,0826	-0,860393	0,6966
CV (%)		2,05		6,92		6,10
R ²		0,88		0,96		0,55

CV – coeficiente de variação, R² – coeficiente de determinação.

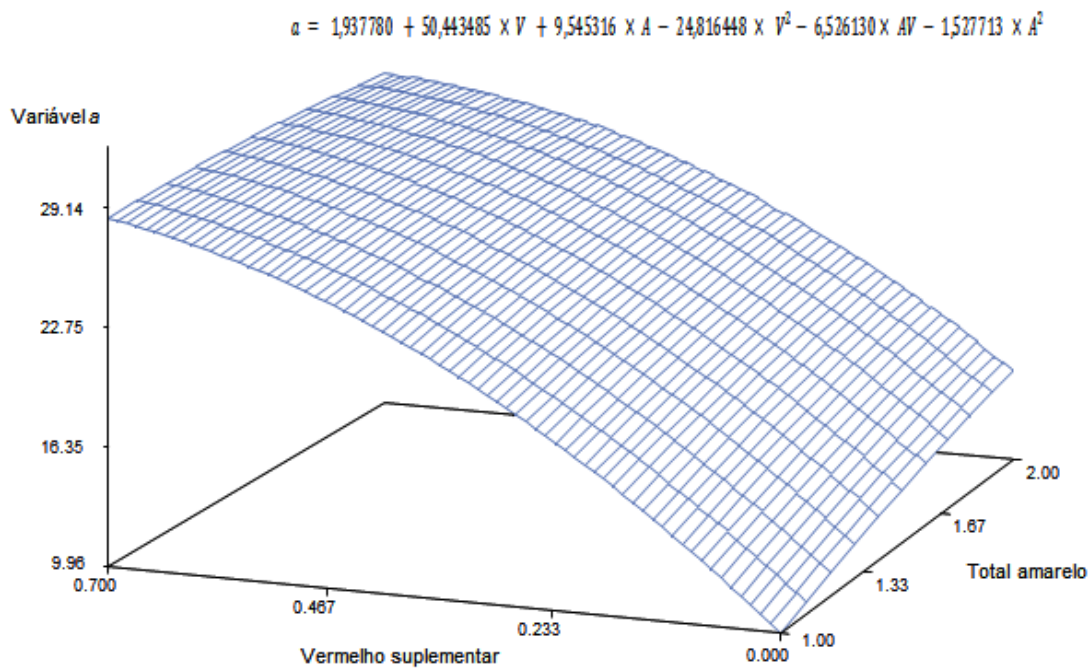


FIGURA 2 - Superfície de Resposta do total de pigmentos amarelos e pigmentos vermelhos suplementares: variável *a*

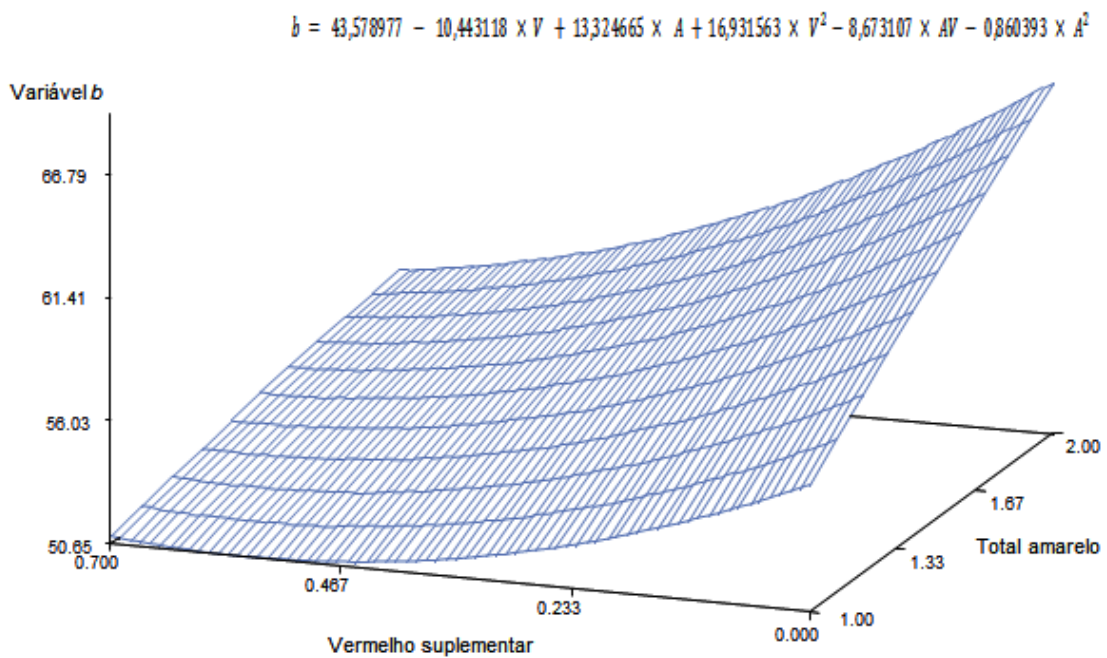


FIGURA 3 - Superfície de Resposta do total de pigmentos amarelos e pigmentos vermelhos suplementares: variável *b*

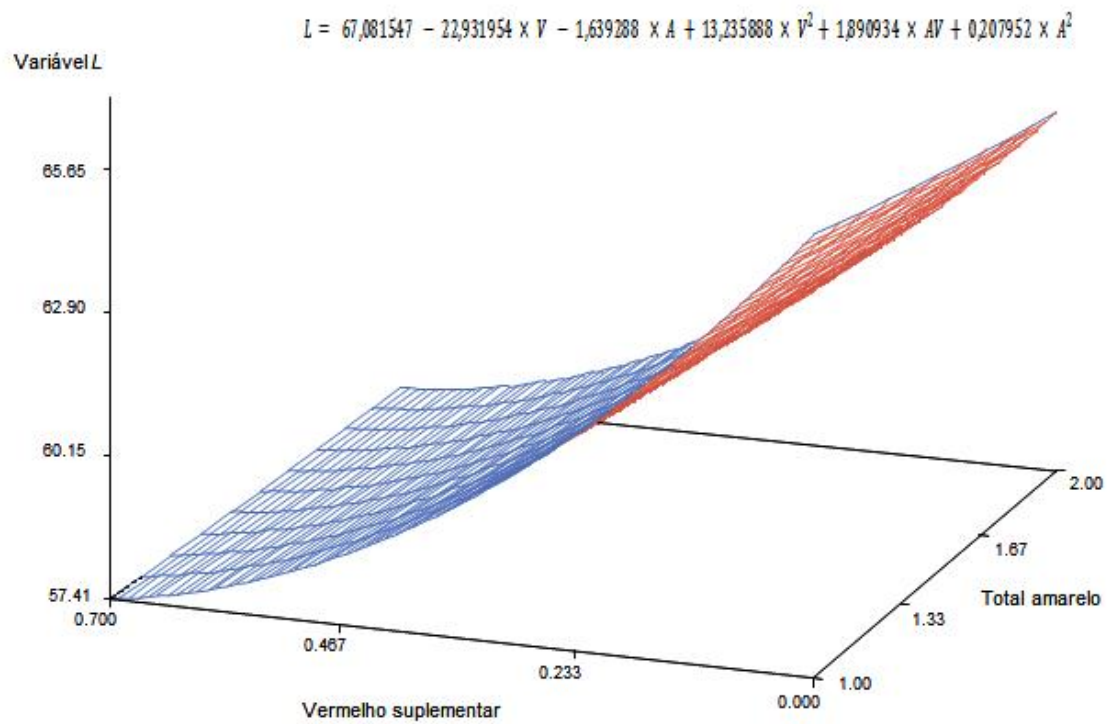
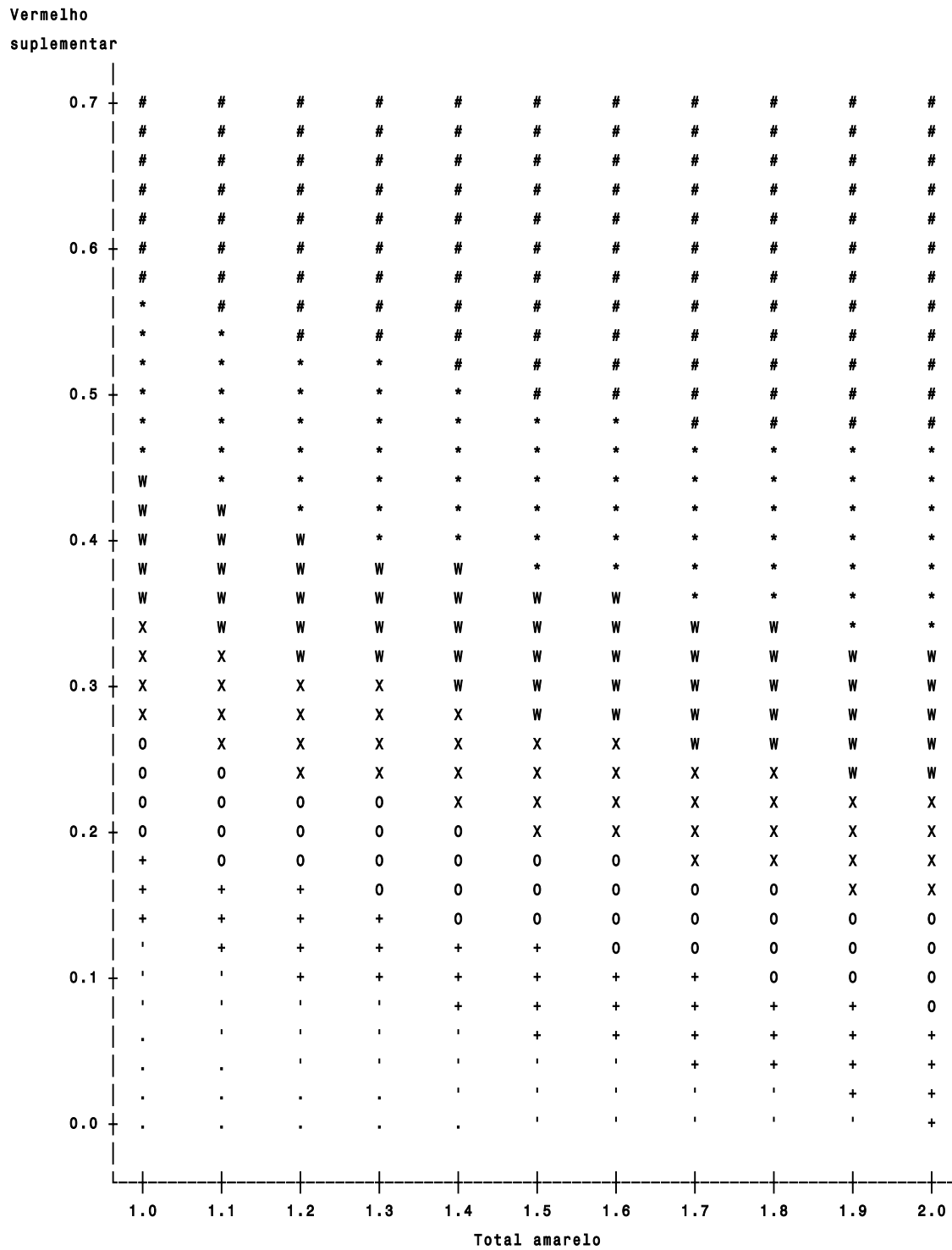


FIGURA 4 - Superfície de Resposta do total de pigmentos amarelos e pigmentos vermelhos suplementares: variável L



Symbol	pred	Symbol	pred	Symbol	pred
.....	9.955 - 12.354	00000	17.150 - 19.548	*****	24.344 - 26.742
''''''	12.354 - 14.752	XXXXX	19.548 - 21.946	#####	26.742 - 29.140
+++++	14.752 - 17.150	WWWWW	21.946 - 24.344		

FIGURA 5 – Gráfico de contornos referente ao total de pigmentos amarelos e pigmentos vermelhos suplementares: variável a.

Os resultados obtidos para peso dos ovos e das aves não foram afetados pelos diferentes tratamentos (Tabela 3) e o peso médio dos ovos foi de 58,7 g, o que os classifica como “tipo especial” pela legislação brasileira (BRASIL, 2007). Esses dados confirmam o bom desempenho dos animais quando alimentados com ração contendo diferentes concentrações dos pigmentantes.

Tabela 3 – P-valores para peso do ovo e peso final das aves

Pigmentos	p-valor	
	peso do ovo	peso final da ave
vermelho suplementar	0,8867	0,8226
amarelo total	0,7824	0,613
vermelho suplementar x vermelho suplementar	0,338	0,4944
amarelo total x vermelho suplementar	0,1103	0,7733
amarelo total x amarelo total	0,338	0,5966
CV (%)	8,22	8,67

CV – coeficiente de variação

Os dados encontrados neste experimento estão de acordo com resultados encontrados por outros autores que trabalharam com diferentes pigmentantes na suplementação de ração de galinhas poedeiras. Garcia et al. (2009), por exemplo, utilizaram o pigmento natural urucum como fonte de carotenoide na dieta de galinhas poedeiras e não observaram diferença significativa no desempenho produtivo dos animais. Segundo Braz et al. (2007); Arraya et al. (1977), a inclusão da semente de urucum na dieta das galinhas poedeiras comerciais não influenciou significativamente o consumo de ração e o desempenho. Spada et al. (2012), Braz et al. (2007) e Arraya et al. (1977) fizeram a adição do urucum à dieta das poedeiras e não observaram alteração do peso dos ovos. Liufa et al. (1997) relataram que o desempenho das aves não foi afetado adversamente quando elas foram alimentadas com diferentes fontes de xantofilas, tais como a folha picada de *Alocasia macrorrhiza*, os pigmentantes sintéticos *Carophyll Yellow* e *Carophyll Red* ou o milho amarelo. Por outro lado, além do efeito pigmentante positivo sobre a gema dos ovos, Moeini et al. (2013) encontraram que a suplementação de rações de galinhas poedeiras com aditivos carotenoides à base de pimenta vermelha (*Capsicum*

annuum) e flor de *Marigold* (*Tagetes erectus*) apresentou efeitos positivos sobre o desempenho das aves. Ponsano et al. (2004) também relataram que a utilização de biomassa bacteriana de *Rubrivivax gelatinosus* como pigmentante para a dieta de galinhas poedeiras, contribuiu para a produção de ovos significativamente mais pesados em comparação com o tratamento no qual a biomassa era ausente.

4 Conclusão

Os tratamentos aplicados permitiram a definição de sete cores subjetivas para as gemas, sendo a cor “9” a de maior aceitação (somente com pigmentos amarelos) e a cor “14” a de maior rejeição (com as maiores concentrações de pigmentos vermelhos). As cores objetivas das gemas resultaram da interação entre os pigmentos amarelos totais e os pigmentos vermelhos suplementares, sendo suficientes para promover a maximização do tom vermelho 0,5 mg/ave/dia de pigmentos vermelhos e 1,5 mg/ave/dia de pigmentos amarelos. A presença dos pigmentos amarelos e vermelhos nas rações à base de milho não prejudicou o peso dos ovos e o peso das aves.

Referências

ADESOGAN, A. T. Associative effects of feed. Class taught in the Department of Animal Sciences. University of Florida, 2008.

ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J. S.; SOUZA, G. A. de.; BONA FILHO, A. **Nutrição animal**: as bases e os fundamentos da nutrição animal. São Paulo: Nobel, 2002. 395p.

ARRAYA, H. H.; MURILLO, M. R.; VARGAS, E. G. Composición y empleo del achiote (*B. Orellana L.*) em raciones para gallinas podenoras, para la pigmentación del a yema del huevo. **Revista Agronomía Costarricense**, v.1, p.143-150, 1977.

AURELI, R.; PHILLIPPS, P.; SCHIERLE, J.; FUNDA, E.; GADIENT, M. Comparison of the effectiveness of different red pigments on the pigmentation

of egg yolks. In: WORLD POULTRY SCIENCE ASSOCIATION (WPSA), 3., 2009. St Malo. **Proceedings...** St Malo: France. World Poultry Science, 2009. p.34.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Legislação:** RIISPOA - Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Secretaria de Defesa Agropecuária. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal – Brasília: MAPA/SDA/DIPOA, 2007. 252p.

BRAZ, N. M.; FUENTES, M. F. F.; FREITAS, E. R.; SUCUPIRA, F. F.; MOREIRA, R. F.; LIMA, R. C. Semente residual do urucum na alimentação de poedeiras comerciais: desempenho e característica dos ovos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.29, p.129-33, 2007.

BREITHAUPT, D. E. Modern Application of xanthophylls in animal feeding: a review. **Trends in Food Science and Technology**, v.18, p.501–506, 2007.

CASTAÑEDA, M. P.; HIRSCHLER, E. M.; SAMS, A. R. Skin pigmentation evaluation in broilers fed natural and synthetic pigments. **Poultry Science**, v.84, p.143–147, 2005.

CHEN, B. H.; YANG, S. H. An improved analytical method for the determination of carotenes and xanthophylls in dried plant materials and mixed feeds. **Food Chemistry**, v.44, p.61-66, 1992.

DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S. C. Avaliação nutricional de alimentos ou de dietas? Uma abordagem conceitual. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 6., 2008, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV: DZO, 2008. p.21-51.

GARCIA, E. A.; MENDES, A. A.; GONÇALVES, H. C.; OLIVEIRA, R. P.; SILVA, M. A. Efeitos dos níveis de cantaxantina na dieta sobre o desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Ciência Tecnológica Avícola**, v.4, p.55-61, 2002.

GARCIA, E. A.; MOLINO, A. B.; BERTO, D. A.; PELÍCIA, K.; OSERA, R. H.; FAITARONE, A. B. G. Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com semente de urucum (*Bixa orellana* L.) moída na dieta. **Veterinária e Zootecnia**, v.16, n.4, p.689-697, 2009.

GARCIA NETO, M. **PPFR – Programa prático para formulação de ração**: Versão Excel 2010. Disponível em: <<http://www.fmva.unesp.br/ppfr>>. Acesso em: 24 de fev. 2013.

HAMMERSHOJ, M.; KIDMOSE, U.; STEENFELD, S. Deposition of carotenoids in egg yolk by short-term supplement of coloured carrot (*Daucus carota*) varieties as forage material for egg-laying hens. **Journal Science Food Agriculture**, v.90, p.1163-1171, 2009.

HART, S. P. Associative effects of sorghum silage and sorghum grain diets. **Journal of Animal Science**, v.64, n.6, p.1779-1789, 1987.

HENCKEN, H. Chemical and physiological behavior of feed carotenoids and their effects on pigmentation. **Poultry Science**, v.71, p.711–717, 1992.

HERNÁNDEZ, J. M. Stable pigmenting carotenoids: a new concept for Least Cost Pigmentation. **Journal Animal Feed Science and Technology**, v.5, n.6, p.43-47, 2001.

HERNÁNDEZ, J. M.; BLANCH, A. Perceptions of egg quality in Europe. **Internacional Poultry Production**, v.8, p.7-11, 2000.

JANICK-BUCKNER, D.; HAMMOCK, D. J.; JOHNSON, J. M.; OSBORN, J. M.; BUCKNER, B. Biochemical and ultrastructural analysis of the y10 mutant of maize. **Journal of Heredity**, v.90, p.507-513, 1999.

KLJAK, K.; DRDIC, M.; KAROLYI, D.; GRBESA, D. Pigmentation Efficiency of Croatian Corn Hybrids in Egg Production. **Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition**, v.7, p.23-27, 2012.

LAI, S. M.; GRAY, J. I.; FLEGAL, C.J. Deposition of carotenoids in eggs from hens fed diets containing saponified and unsaponified oleoresin paprika. **Journal of Science and Food Agriculture**, v.72, p.166–170, 1996.

LIUFA, W.; XUFANG, L.; CHENG, Z. Carotenoids from Alocasia leaf meal as xanthophyll sources for broiler pigmentation. **Tropical Science**, v.37, p.116-122, 1997.

MENDES, F. R. **Qualidade física, química e microbiológica de ovos lavados armazenados sob duas temperaturas e experimentalmente contaminados com *Pseudomonas aeruginosa***. 2010. 72f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

MININ, V. P. R. **Análise sensorial: estudos em consumidores**. Viçosa: Editora UFV, 2006. 225p.

MOEINI, M. M.; GHAZI, S. H.; SADEGHI, S.; MALEKIZADEH, M. The effect of red pepper (*Capsicum annuum*) and marigold flower (*Tagetes erectus*) powder on egg production, egg yolk color and some blood metabolites of laying hens. **Iranian Journal of Applied Animal Science**, v.3, n.2, p.301-305, 2013.

POLONIO, L. B.; PONSANO, E. H. G.; PINTO, M. F.; GARCIA-NETO M. Utilisation of bacterial (*Rubrivivax gelatinosus*) biomass for egg yolk pigmentation. **Animal Production Science**, v.50, p.1-5, 2010.

PONSANO, E. H. G; PINTO, M. F. GARCIA NETO, M; LACAVA, P. M. Gelatinosus Biomass for Egg Yolk Pigmentation. **Journal of Applied Poultry Research**, v.13, p.421-425, 2004.

RÊGO, I. O. P.; CANÇADO, S. V.; FIGUEIREDO, T. C.; MENEZES, L. D. M.; OLIVEIRA, D. D.; LIMA, A. L.; CALDEIRA, L. G. M.; ESSER, L. R. Influência do período de armazenamento na qualidade do ovo integral pasteurizado

refrigerado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.3, p.735-742, 2012.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos**. Campinas: Casa do Pão Editora, 2005. 325p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington, DC: International Life Sciences Institute, 2001. 64p.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F.T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2011. 252p.

SAS Institute Inc. **The SAS System**: release 9.2. SAS Institute Inc., Cary: NC, 2008.

SEEMANN, M. Factors which influence pigmentation. **Cuxhaven**, Germany. n.24, p.20. 2000. Disponível em: < http://lohmann-information.com/content/l_i_24_article_4.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2013.

SEIXAS, E.; SEIXAS, G. A plumagem dos canários: comprimento, pigmentação e colocação **Revista da UPCC**, p.1-5. 2001. Disponível em: <http://www.spco.com.br/Artigos_tecnicos/plumagem.pdf>. Acesso em 15 mai. 2013.

SILVA, J. H. V.; ALBINO, L. F. T.; GODÓI, M. J. S. Efeito do extrato de urucum na pigmentação da gema de ovos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1435-1439, 2000.

SPADA, F. P.; BRAZACA, S. G. C.; COELHO, A. D.; SAVINO, V. J. M.; FRANÇA, L. C.; CORRER, L.; MARTINS, E.; FISCHER, F. L.; LEMES, D. E. A. Adição de carotenoides naturais e artificiais na alimentação de galinhas

poedeiras: efeitos na qualidade de ovos frescos e armazenados. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.2, p.346-352, 2012.

UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA – UBABEF. **Relatório anual 2012**. Disponível em: <<http://www.abef.com.br/ubabef/exibenoticiaubabef.php?notcodigo=3293>>. Acesso em: 15 mai. 2013.

USDA. Departamento de agricultura dos Estados Unidos. **National Nutrient Database for Standard Reference, release 25 – food group 1: dairy and egg products**. 2012. Disponível em: <<http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/12354500/Data/SR25/reports/sr25fg01.pdf>>. Acesso em: 15 mai 2013.

LISTA DE FIGURAS



FIGURA 6 – Alojamento das aves no galpão de postura



FIGURA 7 – Pesagem individual das aves

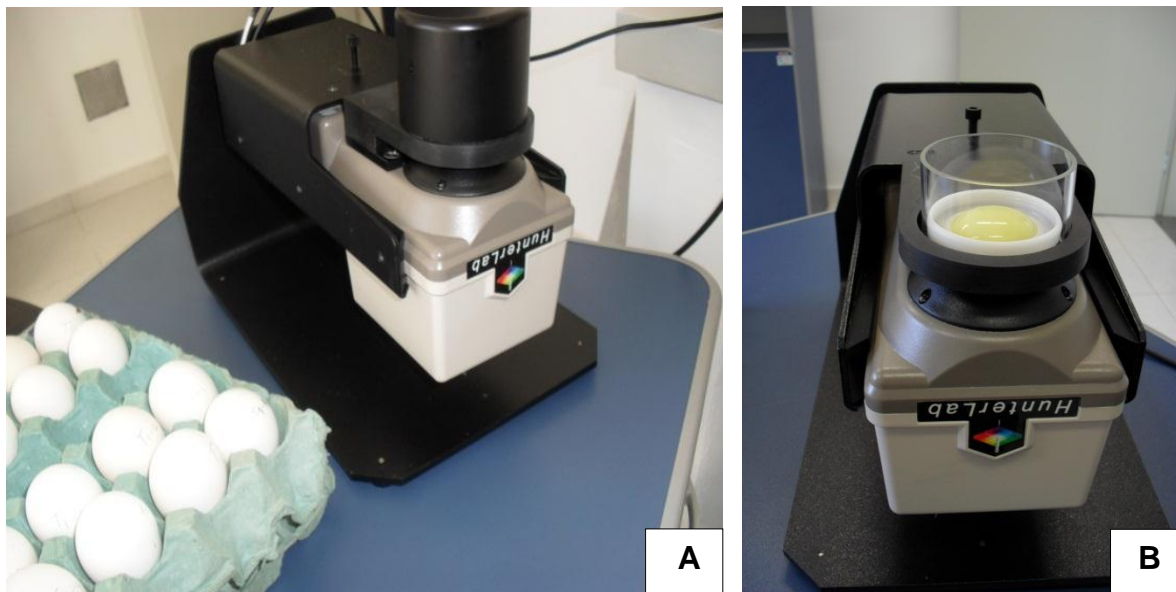


FIGURA 8 – A e B: Colorímetro portátil MiniScan XE Plus (HunterLab)



FIGURA 9 – Cores das gemas obtidas após 21 dias de arraçoamento das aves. Leque colorimétrico da Roche

ANEXO A

ANEXO A - Ficha utilizada na avaliação sensorial das gemas.

<p>Por gentileza, avalie as amostras utilizando a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou da cor das gemas.</p> <p>Marque a posição da escala que melhor reflita seu julgamento.</p>	
<p>AMOSTRA Nº ____</p> <p>() gostei muito () gostei () indiferente () desgostei () desgostei muito</p>	<p>AMOSTRA Nº ____</p> <p>() gostei muito () gostei () indiferente () desgostei () desgostei muito</p>
<p>AMOSTRA Nº ____</p> <p>() gostei muito () gostei () indiferente () desgostei () desgostei muito</p>	<p>AMOSTRA Nº ____</p> <p>() gostei muito () gostei () indiferente () desgostei () desgostei muito</p>
<p>AMOSTRA Nº ____</p> <p>() gostei muito () gostei () indiferente () desgostei () desgostei muito</p>	<p>AMOSTRA Nº ____</p> <p>() gostei muito () gostei () indiferente () desgostei () desgostei muito</p>
<p>AMOSTRA Nº ____</p> <p>() gostei muito () gostei () indiferente () desgostei () desgostei muito</p>	<p>AMOSTRA Nº ____</p> <p>() gostei muito () gostei () indiferente () desgostei () desgostei muito</p>
<p>Deixe aqui seu comentário, caso desejar.</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	
<p>MUITO OBRIGADA POR SUA COLABORAÇÃO</p>	