

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JULIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

CÂMPUS DE ARAÇATUBA

**OTIMIZAÇÃO DAS QUANTIDADES DE
CAROTENOIDES EM RAÇÕES DE POEDEIRAS
VISANDO O AUMENTO DA COLORAÇÃO DAS GEMAS**

Lígia Mara Sandeski

Médica Veterinária

Araçatuba – SP

2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JULIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

CÂMPUS DE ARAÇATUBA

**OTIMIZAÇÃO DAS QUANTIDADES DE
CAROTENOIDES EM RAÇÕES DE POEDEIRAS
VISANDO O AUMENTO DA COLORAÇÃO DAS GEMAS**

Lígia Mara Sandeski

Orientadora: Profa. Adj. Elisa Helena Giglio Ponsano

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

Araçatuba – SP

2016

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

Sandeski, Lígia Mara

S216o Otimização das quantidades de carotenoides em rações de
poedeiras visando o aumento da coloração da gema / Lígia Mara
Sandeski.
Araçatuba: [s.n], 2016.
53f. il.

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Medicina Veterinária de Araçatuba, 2016

Orientadora: Profa. Adj. Elisa Helena Giglio Ponsano

1. Cantaxantina 2. Luteína 3 Milho 4. Sorgo 5. Trigo I. T.

CDD 636.5



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Araçatuba

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: OTIMIZAÇÃO DAS QUANTIDADES DE CAROTENOIDES EM RAÇÕES DE POEDEIRAS
VISANDO O AUMENTO DA COLORAÇÃO DAS GEMAS

AUTORA: **LIGIA MARA SANDESKI**

ORIENTADORA: **ELISA HELENA GIGLIO PONSANO**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em CIÊNCIA ANIMAL, área: Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. ELISA HELENA GIGLIO PONSANO
Departamento de Apoio, Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba - Unesp

Prof. Dr. MARCELO VASCONCELOS MEIRELES
Departamento de Clínica, Cirurgia e Reprodução Animal / Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba - Unesp

Profa. Dra. SILVIA HELENA VENTUROLI PERRI
Departamento de Apoio, Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba - Unesp

Prof. Dr. RAFAEL SILVA CIPRIANO
Curso de Medicina Veterinária / Centro Católico Auxilium - UNISALESIANO/Araçatuba

Prof. Dr. DOUGLAS EMYGDIO DE FARIA
Departamento de Zootecnia / Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos de Pirassununga - USP

Araçatuba, 22 de novembro de 2016.

*Este trabalho é dedicado aos meus pais
Natália e Afonso, e ao meu irmão José,
com enorme amor e consideração.*

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

LÍGIA MARA SANDESKI – nascida em 25 de agosto de 1986, no município de Curitiba/PR. Em 2004, iniciou o curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Maringá – UNICESUMAR e formou-se no ano de 2008. Em 2009, ingressou no curso de Pós-Graduação em nível de Especialização “Residência” em Ciência Animal da Universidade Estadual de Londrina – UEL, na área de Medicina Preventiva em Moléstias Parasitárias. Em 2010, iniciou o curso de Pós-Graduação “Lato Sensu”, em nível de Especialização na UNICESUMAR, na área de Higiene e Inspeção e Processamento de Produtos de Origem Animal. Em 2013, obteve o título de Mestre e, em 2014, ingressou no curso de Doutorado do programa de Pós-Graduação na Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, na Área de Medicina Preventiva e Produção Animal. Em 2015, ingressou no curso de Pós-Graduação em nível de Especialização em Patologia Clínica Veterinária - FACESPI.

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, à minha querida família, Afonso, Natália e José Henrique, 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 Doutorado.

À orientadora Profa. Adjunto Elisa Helena Giglio Ponsano, que me acompanhou desde o início do trabalho.

Ao Prof. Adjunto Manoel Garcia Neto, dedicação e empenho nas análises do projeto.

Aos professores Marcelo Vasconcelos Meireles e Sílvia Helena Venturoli Perri pela gentileza de aceitar o convite para compor a banca de EGQ e defesa e, também, aos professores Rafael Silva Cipriano e Douglas Emygdio de Faria pela gentileza de aceitar o convite para compor a banca de arguição e defesa da tese.

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 tese.

Aos meus queridos amigos, 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 doutorado concedida.

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

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	
LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE TABELAS	
RESUMO.....	
SUMMARY	
CAPÍTULO 1	11
1 Introdução	11
2 Revisão de Literatura	12
2.1 O ovo	12
2.2 Cor da gema e qualidade do ovo	12
2.3 Carotenoides nas aves	13
2.4 Análise sensorial.....	14
2.5 Fontes energéticas para dietas e galinhas poedeiras	15
2.6 Planejamento experimental	17
2.7 Delineamentos compostos	17
2.8 Metodologia da Análise de Superfície de Resposta (MSR)	18
2.9 Programa Prático para Formulação de Ração (PPFR).....	19
REFERÊNCIAS.....	19
CAPÍTULO 2 – ARTIGO CIENTÍFICO: USO DE PROGRAMA DE FORMULAÇÃO PARA OTIMIZAR AS QUANTIDADES DE CAROTENOIDES VISANDO ALCANÇAR CORES DEFINIDAS ÀS GEMAS E PARA CALCULAR OS CUSTOS DAS RAÇÕES PARA POEDEIRAS	27
1 Introdução	29
2 Material e métodos.....	30
3 Resultados e discussão.....	32
4 Conclusão	42
REFERÊNCIAS.....	43

APÊNDICES.....	48
APÊNDICE A - Composição da ração de milho para galinhas poedeiras com diferentes concentrações de pigmentos.	49
APÊNDICE B - Composição da ração de trigo para galinhas poedeiras com diferentes concentrações de pigmentos	50
APÊNDICE C - Composição da ração de sorgo para galinhas poedeiras com diferentes concentrações de pigmentos	51
APÊNDICE D – Coeficientes de Regressão e P-valores dos atributos de cor <i>L</i> (luminosidade), <i>a</i> (vermelho), <i>b</i> (amarelo) e dos índices de cor determinadas pelo leque de cor da Roche (LCR) em gemas de ovos de galinhas poedeiras alimentadas com diferentes concentrações de pigmentos	52
APÊNDICE E - Composição calculada dos ingredientes o custo das rações de milho e sorgo para galinhas poedeiras com diferentes concentrações de pigmentos, de acordo com a cor da gema	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Superfície de resposta tridimensional para o total de pigmentos amarelos e pigmentos vermelhos suplementares: variável L	37
Figura 2 -	Superfície de resposta tridimensional para o total de pigmentos amarelos e pigmentos vermelhos suplementares: variável a	37
Figura 3 -	Superfície de resposta tridimensional para o total de pigmentos amarelos e pigmentos vermelhos suplementares: variável b	38
Figura 4 -	Gráfico de contornos para o total de pigmentos amarelos e pigmentos vermelhos suplementares: variável leque de cor.....	39
Figura 5 -	Gráfico da solução ótima correspondente à formulação de custo mínimo da ração.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Cores de gema obtidas pelo Leque de Cor da Roche e quantidades de pigmentos presentes nas dietas à base de milho.....	33
Tabela 2 -	Cores de gema obtidas pelo Leque de Cor da Roche e quantidades de pigmentos presentes nas dietas à base de trigo.....	33
Tabela 3 -	Cores de gema obtidas pelo Leque de Cor da Roche e quantidades de pigmentos presentes nas dietas à base de sorgo.....	33

OTIMIZAÇÃO DAS QUANTIDADES DE CAROTENOIDES EM RAÇÕES DE POEDEIRAS VISANDO O AUMENTO DA COLORAÇÃO DAS GEMAS

RESUMO - O milho é o ingrediente energético comumente utilizado na formulação de ração de aves que apresenta um papel pigmentante adicional para as gemas dos ovos por conter xantofilas, diferentemente do trigo e do sorgo, que apresentam pouco ou nenhum potencial para isso. Neste estudo foram consideradas as quantidades de xantofilas oriundas dos ingredientes energéticos no cálculo de xantofilas totais da ração. O objetivo do experimento foi identificar as quantidades de xantofilas amarelas e vermelhas a serem adicionadas às rações à base de milho, sorgo e trigo para proporcionar as cores de gemas preferidas pela população local. Além disso, pretendeu-se determinar o custo das rações que forneceram as cores de gemas mais aceitas. Foram realizados três experimentos individuais com 72 aves (*Dekalb*) cada. Os experimentos foram combinados, resultando em rações contendo oito níveis de xantofilas amarelas (0; 0,25; 0,5; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75 e 2,0 mg/ave/dia) e três níveis de xantofilas vermelhas (0; 0,35 e 0,7 mg/ave/dia). Para os dados de desempenho, as aves foram pesadas no início e ao final do experimento e o peso dos ovos foi registrado diariamente. A análise de custo foi realizada com a utilização do Programa Prático para Formulação de Ração. A cor das gemas foi determinada pelos métodos objetivo (L , a , b) e subjetivo (Leque Colorimétrico da Roche - LCR). A aceitação da cor foi avaliada por uma escala hedônica de cinco pontos. Os pesos das aves ($P = 1,00$) e dos ovos ($P = 0,07$) não foram influenciados pela inclusão dos aditivos nas rações. As cores LCR mais aceitas foram 9 com a dieta à base de milho, 6 com a dieta à base de sorgo e 8 com a dieta à base de trigo, alcançadas com a suplementação de 2,0 mg/ave/dia de pigmentos amarelos nas dietas de milho e sorgo, e de 1,25mg/ave/dia de pigmentos amarelos na dieta de trigo. Houve interação significativa entre as quantidades de xantofilas amarelas e vermelhas ($P < 0,0001$), sobre L , a e b . O custo da ração de milho ajustada ao menor consumo (90 g/ave/dia) para fornecer cor LCR 9 para as gemas foi de R\$ 111,26 para 1.000 aves e o custo da ração de sorgo ajustada ao maior consumo (110 g/ave/dia) para

se obter a mesma cor foi de R\$ 86,58, para 1.000 aves/dia.

Palavras-chave: Cantaxantina, luteína, milho, sorgo, trigo

OPTIMIZING THE QUANTITIES OF CAROTENOIDS IN LAYING DIETS AIMING AT THE INCREASE OF THE EGG YOLK COLORS

SUMMARY - Maize is the energy ingredient mostly used for poultry feed formulation, with an additional role on the pigmentation of the egg yolks due to its xanthophylls, unlike wheat and sorghum, with little or no potential for it. Of this study, the amounts of xanthophylls from the energy ingredients were considered for the calculation of total xanthophylls of the diet. The objective of the experiment was to identify the amounts of yellow and red xanthophylls to be added to maize, sorghum and wheat diet to provide the preferred yolk colors for the local population. In addition, it was intended to determine the cost of the diets that provided the most accepted yolk colors. Three individual experiments were performed with 72 laying hens (*Dekalb*) each. The experiments were combined, resulting in diets containing eight levels of yellow xanthophylls (0; 0.25; 0.5; 1.0; 1.25; 1.5; 1.75 and 2.0 mg/hen/day) and three levels of red xanthophylls (0; 0.35 and 0.7 mg/hen/day) in the diets. For the performance analyses, hens were weighed at the beginning and at the end of the experiment and the eggs were weighed daily. The cost analysis was assessed using the Practical Program for Feed Formulation. The yolks colors were evaluated by objective (*L*, *a* and *b*) and subjective (Roche Yolk Color Fan - RYC) methods. The preference for the yolk color was assessed by a hedonic scale of five points. The hens' weight ($P = 1.00$) and the eggs' weight ($P = 0.07$) were not influenced by the inclusion of the additives in the diets. The most accepted RYC colors were 9 with the maize based diets, 6 with sorghum diets and 8 with wheat diets, which were achieved with the addition of 2.0 mg/hen/day of yellow pigments to the maize and sorghum diets, and 1.25mg/hen/day of yellow pigments to the wheat diet. There was a significant interaction between the amount of yellow and red xanthophylls ($P < 0.0001$) on *L*, *a* and *b*. The cost of the maize diet adjusted to the lowest consumption (90 g/hen/day) to achieve RYC color 9 to egg yolks was R\$ 111.26 for 1.000 hens/day, and the cost of the sorghum diet adjusted to the highest consumption (110 g/hen/day) to achieve the same color, was R\$ 86.58 for 1.000 hens/day.

Keywords: Canthaxanthin, lutein, maize, sorghum, wheat

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

A avicultura de postura no Brasil segue um sistema de produção baseado em produtores independentes, pequenos, médios e grandes. A produção brasileira de ovos está representada em 55,3% do total do país pelos estados do Paraná, Rio Grande do Sul e Goiás (ABPA, 2014). A produção de ovos para consumo cresceu no período de 2003 a 2013 cerca de 3,3% ao ano. Em 2011, o Brasil foi o oitavo maior produtor mundial de ovos para consumo, produzindo pouco mais de 1,8 milhão de toneladas, o que representa pouco menos de 3% do total mundial. Em relação às exportações, o Brasil foi, em 2012, o nono maior exportador mundial de ovos em casca, respondendo por cerca de 2% do total mundial (em peso e valor). Em 2013, a produção nacional chegou a quase 1,9 milhão de toneladas (FAO, 2015).

Na avicultura, o milho é comumente o cereal mais utilizado na formulação de dietas de animais como fonte energética. No entanto, em algumas épocas do ano, principalmente quando há falta de chuvas, a disponibilidade do milho é insuficiente para atender à demanda humana e animal, contribuindo para a elevação dos preços do grão, afetando a cadeia produtiva animal. Para evitar essa situação, produtores têm buscado alternativas de substituição do milho por outros grãos e ingredientes de valores nutritivos reconhecidos como, por exemplo, o trigo e o sorgo, desde que não causem a queda no desempenho dos animais (CARVALHO et al., 2015).

O sorgo é a segunda fonte de energia em importância para a alimentação de animais no Brasil. Seu cultivo é considerado adequado para áreas e para épocas do ano desfavoráveis ao plantio de milho, pois é mais resistente ao estresse hídrico e menos exigente em fertilidade do solo (LOPES, 2004). O custo de produção do sorgo é cerca de 20% inferior ao do milho e seu valor biológico alcança 95% do valor biológico do milho (FIALHO et al., 2002).

A substituição de milho, total ou parcialmente, por outro ingrediente que

forneça energia necessária às galinhas de postura como, por exemplo, o trigo e/ou sorgo, tende a reduzir o teor de xantofilas da dieta e, conseqüentemente, a cor da gema. O fato desses grãos serem deficientes em carotenoides (BLAIR, 2008; MOURA, et al., 2011) pode ser corrigido por meio da inclusão de fontes complementares de pigmentos na dieta das aves para atender a demandas comerciais por gemas de coloração mais intensa (OLIVEIRA et al., 2008).

O objetivo do experimento foi identificar as quantidades de xantofilas amarelas e vermelhas a serem adicionadas a ração à base de milho, sorgo e trigo para proporcionar as cores de gemas preferidas pela população local. Além disso, pretendeu-se determinar o custo das rações que forneceram as cores de gemas mais aceitas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O ovo

O ovo é um dos alimentos mais completos, de alta qualidade e preço acessível, o que o torna um alimento mundialmente consumido. Representa importante fonte de proteínas de alto valor biológico, de vitaminas A, D, E e K e do complexo B, de minerais como ferro, fósforo, selênio e zinco, e de carotenoides como luteína e zeaxantina. Demonstrado o seu incontestável valor nutricional, o ovo pode ser comparado ao leite materno, pois reúne todos os nutrientes necessários para a vida (HENRIQUE, 2002).

2.2 Cor da gema e qualidade do ovo

A cor da gema do ovo de galinha está relacionada à nutrição da poedeira, ou seja, é dependente da quantidade de carotenoides presentes nos ingredientes adicionados à dieta, pois as aves não são capazes de sintetizar esse tipo de pigmento (FRANCO; SAKAMOTO, 2012).

A qualidade do ovo depende de fatores genéticos e nutricionais, de manejo,

das condições sanitárias, do tempo e da temperatura de armazenagem, de fatores que podem alterar sua vida comercial, de seu valor nutritivo, e de suas propriedades sensoriais, tais como sabor, aroma e cor da gema (LLOBET et al., 1989).

A coloração da gema não é indicativa de qualidade nutricional e sim um importante critério de aceitação pelo consumidor. A qualidade dos produtos alimentícios é diretamente supervisionada pelos clientes, que consideram a cor como um dos indicadores primordiais no momento da aquisição. Isso pode ser exemplificado pela preferência do cliente por gemas bem pigmentadas, pois a cor mais intensa é associada com melhor qualidade (PEREIRA et al., 2001; SILVA et al., 2000; TOCCHINI; MERCADANTE, 2001).

2.3 Carotenoides nas aves

Os carotenoides utilizados comercialmente são obtidos por rota sintética ou por extração a partir de plantas, de algumas bactérias e de fungos (BOTELLA-PAVÍA et al., 2006; GOODWIN, 1980). São divididos quimicamente em dois grupos: carotenos (hidrocarbonetos), que são os de coloração alaranjada, e as xantofilas derivadas oxigenadas dos carotenos, de colorações amarela e vermelha. A ordem crescente de capacidade de sequestrar oxigênio por parte dos carotenos e xantofilas, e, portanto, de agir como antioxidantes é a seguinte: licopeno, astaxantina ou cantaxantina, β -caroteno ou bixina e luteína. (FONTANA et al., 2000).

As aves, em geral, absorvem, principalmente, as xantofilas, também chamadas oxicarotenoides, presentes na dieta (HENCKEN, 1992; HUDON, 1994). O hidrocarboneto β -caroteno, apesar de ser o carotenoide mais abundante da natureza, não é tão efetivo como pigmentante em aves devido à capacidade que esses animais apresentam em convertê-lo em vitamina A. Em poedeiras, os estoques de oxicarotenoides dos músculos e da pele são transferidos para os ovários quando elas atingem a maturidade sexual, sendo parte deles eliminados na gema do ovo, o que determina sua cor (GOODWIN, 1986).

A pigmentação da pele das aves, pernas e gema dos ovos é proveniente da ingestão de carotenoides presentes nos ingredientes da ração, tais como milho e farelo de glúten de milho (CASTAÑEDA et al., 2005). Os animais podem absorver, transformar e depositar os carotenoides ingeridos em vários de seus tecidos como por exemplo, pele, bico, patas, gemas (BREITHAUPT, 2007).

2.4 Análise sensorial

A análise sensorial é utilizada como método para interpretar as propriedades sensoriais dos alimentos (aparência, sabor, aroma e textura), definidas em função da composição química e do processamento. Ela também permite avaliar a preferência e a aceitação dos produtos pelo consumidor, o que é importante para determinar a sua qualidade (SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS, 2006).

A utilização conjunta dos métodos descritivos e afetivos de avaliação sensorial permite determinar o perfil sensorial mais adequado para determinado produto, para que este satisfaça o conceito de qualidade esperado pelos consumidores. Isso permite que as empresas estabeleçam suas atividades de controle e melhoria da qualidade, de modo a obter um produto com as características desejadas pelo consumidor (ELORTONDO et al., 2007).

Segundo o Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas (2006), dentre os métodos de análise sensorial mais utilizados destacam-se: Método Sensorial Descritivo, Método Sensorial Discriminativo e Método Sensorial Afetivo.

Os testes afetivos acessam diretamente a opinião do consumidor sobre o produto que se está avaliando. Podem ser classificados em duas categorias: Testes de preferência – aplicados quando o objetivo é avaliar a preferência do consumidor quando se comparam dois ou mais produtos entre si e Testes de aceitação – aplicados quando o objetivo é avaliar o grau com que consumidores gostam ou desgostam de um produto (FERREIRA et al., 2000).

Para o teste de aceitação, o julgador recebe as amostras codificadas e é solicitado a expressar a sua opinião. Pode-se expressar a aceitação global, ou

seja, o produto como um todo, ou avaliar os atributos do produto, como cor, espessura, sabor e odor (MINIM, 2006).

A escala hedônica é muito utilizada para a realização do teste de aceitação, pois é uma escala facilmente compreendida pelos consumidores, sendo utilizada por muitas empresas que obtiveram resultados válidos e confiáveis. Nela, o consumidor expressa sua aceitação pelo produto em uma escala previamente estabelecida que varia gradativamente, com base nos conceitos “gostar” ou “desgostar” (MINIM, 2006).

2.5 Fontes energéticas para dietas das galinhas poedeiras

O milho é o ingrediente mais utilizado na elaboração de dietas para galinhas poedeiras, devido ao potencial energético oferecido pelo grão. Além de apresentar alto valor energético, a concentração de pigmentos naturais, responsáveis pela coloração amarela da gema do ovo (MORENO et al., 2007), o torna o cereal de escolha para a composição das rações para essa espécie.

A busca pela redução de custos na produção avícola tem levado à utilização de alimentos energéticos alternativos ao milho (COSTA et al., 2006). Apesar de apresentar diferenças nutricionais quando comparado ao milho, para compor dietas para poedeiras, o sorgo pode apresentar vantagens, pois é comercializado a um preço 20% inferior. Em relação ao sorgo, o milho possui menor conteúdo proteico, mais óleo e energia (BUTOLO, 2002). Já a baixa presença de carotenoides no sorgo pode resultar em gema de pigmentação amarela mais clara. Entretanto, este problema pode ser resolvido pela inclusão de pigmentantes nas dietas das aves formuladas com sorgo (ASSUENA et al., 2008).

O grão de trigo é um dos principais ingredientes utilizados em dietas de aves em alguns países da Europa (BRUM, 2000; BLAIR, 2008), no Canadá e na Austrália, pois apresenta uma adequada fonte de energia devido ao seu elevado teor de amido. É muito palatável se não moído demasiadamente fino e pode ser usado de forma eficiente por todas as classes de aves domésticas. A quantidade de trigo utilizada em rações de frangos de corte convencionais, por exemplo,

normalmente contém 60% de trigo ou mais (BLAIR, 2008) e taxas de inclusão semelhantes têm sido propostas para as dietas de galinhas poedeiras (EWING, 1997).

Apesar de o trigo poder substituir o milho por completo, o desempenho animal tende a ser menor, a menos que o trigo seja suplementado com enzimas apropriadas (BLAIR, 2008). O trigo é considerado um ingrediente promotor do aumento da viscosidade intestinal pelo seu alto percentual de carboidratos solúveis (arabinoxilanos) (BEDFORD; PARTRIDGE, 2011) que afetam negativamente a função digestiva de lipídios na dieta (CARRÉ et al., 2007). A fim de combater esses efeitos, é comum utilizar enzimas exógenas à base de xilanase para diminuir a viscosidade intestinal, resultando em maior valor de energia metabolizável para o trigo, sem diminuir o desempenho das aves (BLAIR, 2008; CHOCT, 2006).

Outro prejuízo que pode decorrer da substituição de milho por trigo na dieta das aves é a redução do teor de xantofilas, resultando em menor pigmentação da gema do ovo. Fontes complementares de xantofilas podem ser necessárias quando o mercado exige gemas bem pigmentadas (BLAIR, 2008).

Quando o milho, o trigo e o sorgo são utilizados como ingredientes principais na dieta de poedeiras, eles são incapazes de promover a coloração desejada para as gemas por alguns mercados consumidores, mesmo que o milho apresente algum potencial pigmentante (GURBUZ et al.; 2003; OLIVEIRA et al., 2008;). Por esse motivo, é prática comum na atividade de criação de aves de postura adicionar ingredientes pigmentantes suplementares à ração, sejam eles naturais ou sintéticos (SHAHSAVARI, 2015),

No entanto, a suplementação com carotenoides pode aumentar os preços finais das rações na proporção direta da quantidade de ingredientes pigmentantes adicionados, o que torna importante o conhecimento sobre a concentração e a capacidade de pigmentação de cada ingrediente que será adicionado à ração, de modo a minimizar o custo na fabricação das mesmas.

2.6 Planejamento experimental

O planejamento experimental baseado em fundamentos estatísticos é uma ferramenta que permite alcançar condições de otimização de processos e de formulações que conduzam a maior aceitação do produto, menor custo, maior produtividade, cor desejada, pureza na recuperação de uma enzima e maior extração de um produto ou que, simplesmente, permite avaliar os efeitos ou impactos que os fatores têm nas respostas desejadas (RODRIGUES; IEMMA, 2009). Isso têm levado profissionais de diferentes formações a buscarem por técnicas sistemáticas de planejamento de experimentos (MATTIETO; MATTA, 2012; RODRIGUES; IEMMA, 2009).

A escolha de um planejamento experimental adequado depende, principalmente, do número de variáveis independentes ou dos fatores a serem estudados, da viabilidade do número de ensaios que podem ser realizados e do custo do processo em questão. Portanto, há necessidade de 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).

2.7 Delineamentos compostos

Os delineamentos compostos foram desenvolvidos com a finalidade de reduzir o número de ensaios a serem realizados, mantendo-se a condição adequada para a análise estatística dos dados e, quando associados à superfície de resposta, auxiliam no melhoramento de produtos e processos. 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).

O DCC consta de uma parte fatorial, uma parte axial e pontos centrais, que são obtidos adicionando-se ao esquema fatorial outras combinações de tratamentos, de forma que o número de tratamentos seja dado por $2^k + 2k + n$ (2^k

= número de pontos na parte fatorial; $2k$ = número de pontos na parte axial; n = número de pontos centrais, considerando-se k = número de fatores) (BATISTA et al., 1994; CONAGIN, 1982; RODRIGUES; IEMMA, 2009).

No caso de um experimento com três fatores organizado pelo DCC, o número de tratamentos na parte fatorial será 8 (nos níveis -1 e +1), na parte axial serão 6 (nos níveis $-\alpha$ e $+\alpha$) e, considerando-se apenas uma repetição no ponto central do delineamento, haverá mais 1 tratamento, totalizando 15 tratamentos (CONAGIN, 1982; NEVES et al., 2002).

O processo envolvido no fatorial 2^k permite analisar todas as possíveis combinações da matriz experimental, proporcionando a definição e a interpretação dos efeitos principais e das interações entre os fatores envolvidos, para que as condições de desempenho ótimo do produto ou processo de fabricação sejam identificadas e trabalhadas (RODRIGUES; IEMMA, 2009).

2.8 Metodologia de Superfície de Resposta (MSR)

A Metodologia da Superfície de Resposta (MSR) constitui-se num método estatístico que emprega dados quantitativos obtidos em delineamentos experimentais apropriados para determinar e, simultaneamente, resolver equações multivariadas (GIOVANNI, 1993). 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, 1993). 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).

A MSR é muito utilizada na área de Ciências de Alimentos para a análise de erros nos quais a variável resposta de interesse é influenciada por diversas variáveis independentes e onde o objetivo seja otimizar a resposta, permitindo

aperfeiçoar a formulação de produtos, minimizar custos e maximizar propriedades desejáveis no processamento (ARTEAGA et al., 1994).

2.9 Programa Prático para Formulação de Ração (PPFR)

O software PPFR (Programa Prático para Formulação de Ração) (GARCIA NETO, 2010) permite adequar o balanço entre as proporções de pigmentos suplementares a serem adicionados às dietas a partir do total de pigmentos presentes na ração base. Após a formulação de dietas, o programa pode, também, realizar a avaliação econômica, em função do preço, por meio da análise de sensibilidade (multiplicador Lagrange).

Essa análise permite avaliar o grau de influência do aumento ou da diminuição dos nutrientes, de forma distinta, e de sua exigência na dieta, indicando, assim, como os efeitos de pequenas alterações vão influenciar nos resultados gerados pela otimização (PENZ-JUNIOR; BRUNO, 2012; SVENSSON et al., 2009). Assim, é fundamental avaliar com mais rigor, não apenas os ingredientes de uma ração, mas o impacto sobre o custo dos nutrientes em função da exigência energética. Essa é a razão da necessidade da inclusão da avaliação econômica (análise de sensibilidade) concomitantemente à formulação de ração (WALLACE, 2000).

Neste estudo foram consideradas as quantidades de xantofilas oriundas dos ingredientes energéticos no cálculo de xantofilas totais da ração. O objetivo do experimento foi identificar as quantidades de xantofilas amarelas e vermelhas a serem adicionadas às rações à base de milho, sorgo e trigo para proporcionar as cores de gemas preferidas pela população local. Além disso, pretendeu-se determinar o custo das rações que forneceram as cores de gemas mais aceitas.

REFERÊNCIAS

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Panorama da avicultura nacional e perspectivas do setor**. Brasília: ABPA, 2014. Disponível em:

<http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/PNSA/Reuni%C3%A3o%20PNSA_%20_Sanidade%20Av%C3%ADcola-Fortaleza%20Nacional_/2%20Dr_%20Ariel%20-%20Panorama%20da%20avicultura%20nacional%20e%20perspectivas%20para%20o%20setor.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2016.

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.

ASSUENA, V.; FILARDI, R. S.; JUNQUEIRA, O. M.; CASARTELLI, E. M.; LAURENTIZ, A. C.; DUARTE, K. F. Substituição do milho pelo sorgo em rações para poedeiras comerciais formuladas com diferentes critérios de atendimento das exigências em aminoácidos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 1, p. 93-99, 2008.

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

BEDFORD, M. R.; PARTRIDGE, G. G. **Enzymes in farm animal nutrition**. Marlborough, UK: Cabi, 2011. p.432.

BLAIR, R. **Nutrition and feeding of organic poultry**. Wallingford, UK: Cabi, 2008. p.314.

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

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

BRUM P. A. R. O trigo na alimentação de aves. **Avicultura Industrial**, v.90, n. 1076, p.14-16, 2000.

BUTOLO, J. E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Campinas, SP: Agros Comunicação, 2002. p.154.

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.

CARRÉ, B.; MIGNON-GRASTEAU, S.; PÉRON, A.; JUIN, H.; BASTIANELLI, D. Wheat value: improvements by feed technology, plant breeding and animal genetics. **World's Poultry Science Journal**, v.63, n.4, p.585-596, 2007.

CARVALHO, L. S. S.; FAGUNDES, N. S.; LITZ, F. H.; SAAR, A. G. L.; FERNANDES, E. A. Sorgo grão inteiro ou moído em substituição ao milho em rações de frangos de corte. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.21, p.1757, 2015.

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.

CHOCT, M. Enzymes for the feed industry: past, present and future. **World's Poultry Science Journal**, v.62, n.1, p.5-16, 2006.

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

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

COSTA, F. G. P.; GOMES, C. A. V.; SILVA, J. H. V.; RNEIRO, M. V. D.; GOULART, C. C.; DOURADO, L. R. B. Efeitos da inclusão do extrato oleoso de urucum em rações de poedeiras com substituição total ou parcial do milho pelo sorgo de baixo tanino. **Revista Acta Science Animal**, v. 28, n. 4, p.409-414, 2006.

ELORTONDO, F. H. P.; OJEDA, M.; ALBISU, M.; SALMERON, J.; ETAYO, I.; MOLINA, M. Food quality certification: An approach for the development of accredited sensory evaluation methods. **Food Quality and Preference**, v.18, p.425-439, 2007.

EWING, W. N. **The feeds directory. Commodity Products**. Leicestershire, England: Context, 1997. p.118.

FAO. Food and agricultural organization. **Poultry meat & eggs**. Rome: FAO, 2010. Disponível em: <http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/tci/docs/1_AH9Poultry%20Meat%20&%20Eggs.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2016.

FERREIRA, V. L. P.; ALMEIDA, T. C. A. de.; PETTINELLI, M. L. C. de V.; SILVA, M. A. A. P. da.; CHAVES, J. B. P.; BARBOSA, E. M. de. **Análise sensorial: testes discriminativos e afetivos**. Campinas: SBCTA, 2000. 127p.

FIALHO, E.; LIMA, J.; OLIVEIRA, V.; SILVA, H.. Substituição do milho pelo sorgo sem tanino em rações de leitões: digestibilidade dos nutrientes e desempenho animal. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 1, n.1, p.105-111, 2002.

FONTANA, J. D.; MENDES, S. V.; PERSIKE, D. S.; PERACETTA, L. F; PASSOS, M. Carotenoides cores atraentes e ação biológica. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, v. 2, n. 13, p. 40-45, 2000.

FRANCO, J. R. G.; SAKAMOTO, M. I. **Qualidade dos ovos: uma visão geral dos**

fatores que a influenciam. 2012. Disponível em: <<http://pt.engormix.com/MA-avicultura/administracao/artigos/qualidade-dos-ovos-visao-t897/124-p0.htm>>.

Acesso em: 19 de jan. 2016.

GARCIA NETO, M. **PPFR** – Programa prático para formulação de ração – Versão Excel 2010. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/ppfrparaexcel2007ousuperior/>>. Acesso em: 26 de fev. 2016.

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

GOODWIN, T. W. Metabolism, nutrition and function of carotenoids. **Annual Review of Nutrition**, v.6, p.273-297, 1986.

GOODWIN, T. W. Nature and distribution of carotenoids. **Foods Chemistry**, v.5, n.1, p.3-13, 1980.

GURBUZ, Y.; YASAR, S.; KARAMAN, M. Effects of addition of the red pepper from 4th harvest to corn or wheat based diets on egg-yolk colour and egg production in laying hens. **International Journal Poultry Science**, v.2(2),p.107-111, 2003.

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

HENRIQUE, A. Alimentos funcionais - Parte 2. **Revista Oxidologia**, v.2, p.8–13, 2002.

HUDON, J. Biotechnological applications of research on animal pigmentation. **Biotechnology Advances**, v. 12, p.49-69, 1994.

LLOBET, J. A. C.; PONTES, M. P.; GONZALEZ, F. F. Características del huevo

fresco. **Producción de huevos**. Barcelona, Espanha: Tecnograf, 1989. p.239-254.

LOPES, A. B. R. C. **Silagem de grãos úmidos de sorgo com alto e baixo tanino para suínos em fase inicial**. 2004. 125f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

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: 14 de dez. 2015.

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

MORENO, J. O.; ESPÍNDOLA, G. B.; SANTOS, M. S. V.; FREITAS, E. R.; GADELHA, A. C.; SILVA, F. M. C. Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais, alimentadas com dietas contendo sorgo e páprica em substituição ao milho. **Acta Scientiarum Animal Science**, v. 29, n. 2, p. 159-163, 2007.

MOURA, A. M. A.; TAKATA, F. M.; NASCIMENTO, G. R.; SILVA, A. F.; MELO, T. V.; CECON, P. R. Pigmentantes naturais em rações à base de sorgo para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.11, p.2443-2449, 2011.

NEVES, C. F. C.; SCHVARTZMAN, M. M. A. M.; JORDÃO, E. Variables search technique applied to gas separation. **Química Nova**, v.25, n 2, p.327-329, 2002.

OLIVEIRA, N. T. E.; FONSECA, J. B.; SOARES, R. T. R. N.; FERREIRA, K. S.; THIEBAUT, T. L. Pigmentação de gemas de ovos de codornas japonesas alimentadas com rações contendo colorífico. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.5, p.1525-1531, 2008.

PEREIRA, A. V.; ARIKI, J.; LODDI, M. M.; KISHIBE, R. Bixina como agente pigmentante das gemas de ovos de poedeiras comerciais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 839-840.

PENZ-JUNIOR, A. M.; BRUNO, D. G. **The future of broiler production in the Americas.** 2012. Disponível em: http://www.thepoultryfederation.com/public/userfiles/files/Penz_The%20Future%20of%20Broiler%20Production%20in%20the%20Americas_abstract.pdf. Acesso em: 05 de mar. 2016.

RODRIGUES, M. I; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos.** São Paulo: Casa do Pão, 2009, 358p.

SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS. **Análise sensorial para bebidas lácteas fermentadas.** Brasília: IBICT, 2006. Disponível em:<<http://www.sbrt.ibict.br>>. Acesso em: 26 fev. 2016.

SHAHSAVARI, K. Influences of different sources of natural pigments on the color and quality of eggs from hens fed a wheat-based diet. **Iranian Journal of Applied Animal Science**, v.5, n.1, p.167-172, 2015.

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

SVENSSON, E.; BERNTSSON, T.; STROMBERG, A.; PATRIKSSON, M. An

optimization methodology for identifying robust process integration investments under uncertainty. **Energy Policy**, v.37, n.2, p.680-685, 2009.

TOCCHINI, L.; MERCADANTE, A. Z. Extração e determinação, por CLAE, de bixina e norbixina em coloríficos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, p. 310-313, 2001.

WALLACE, S. W. Decision making under uncertainty: is sensitivity analysis of any use? **Operations Research**, v.48, p.20-25, 2000.

CAPÍTULO 2 – ARTIGO CIENTÍFICO: USO DE PROGRAMA DE FORMULAÇÃO PARA OTIMIZAR AS QUANTIDADES DE CAROTENOIDES VISANDO ALCANÇAR CORES DEFINIDAS ÀS GEMAS E PARA CALCULAR OS CUSTOS DAS RAÇÕES PARA POEDEIRAS

Resumo

O milho é o ingrediente energético comumente utilizado na formulação de ração de aves que apresenta um papel pigmentante adicional para as gemas dos ovos por conter xantofilas, diferentemente do trigo e do sorgo, que apresentam pouco ou nenhum potencial para isso. Neste estudo foram consideradas as quantidades de xantofilas oriundas dos ingredientes energéticos no cálculo de xantofilas totais da ração. O objetivo do experimento foi identificar as quantidades de xantofilas amarelas e vermelhas a serem adicionadas às rações à base de milho, sorgo e trigo para proporcionar as cores de gemas preferidas pela população local. Além disso, pretendeu-se determinar o custo das rações que forneceram as cores de gemas mais aceitas. Foram realizados três experimentos individuais com 72 aves (*Dekalb*) cada. Os experimentos foram combinados, resultando em rações contendo oito níveis de xantofilas amarelas (0; 0,25; 0,5; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75 e 2,0 mg/ave/dia) e três níveis de xantofilas vermelhas (0; 0,35 e 0,7 mg/ave/dia). Para os dados de desempenho, as aves foram pesadas no início e ao final do experimento e o peso dos ovos foi registrado diariamente. A análise de custo foi realizada com a utilização do Programa Prático para Formulação de Ração. A cor das gemas foi determinada pelos métodos objetivo (L , a , b) e subjetivo (Leque Colorimétrico da Roche - LCR). A aceitação da cor foi avaliada por uma escala hedônica de cinco pontos. Os pesos das aves ($P = 1,00$) e dos ovos ($P = 0,07$) não foram influenciados pela inclusão dos aditivos nas rações. As cores LCR mais aceitas foram 9 com a dieta à base de milho, 6 com a dieta à base de sorgo e 8 com a dieta à base de trigo, alcançadas com a suplementação de 2,0 mg/ave/dia de pigmentos amarelos nas dietas de milho e sorgo, e de 1,25mg/ave/dia de pigmentos amarelos na dieta de trigo. Houve interação significativa entre as quantidades de xantofilas amarelas e vermelhas ($P < 0,0001$), sobre L , a e b . O

custo da ração de milho ajustada ao menor consumo (90 g/ave/dia) para fornecer cor LCR 9 para as gemas foi de R\$ 111,26 para 1.000 aves e o custo da ração de sorgo ajustada ao maior consumo (110 g/ave/dia) para se obter a mesma cor foi de R\$ 86,58, para 1.000 aves/dia.

Palavras-chave: Cantaxantina, luteína, milho, sorgo, trigo

USE OF FORMULATION PROGRAM TO OPTIMIZE THE QUANTITIES OF CAROTENOIDS AIMING TO REACH THE DEFINED COLORS AT THE EGG YOLKS AND TO CALCULATE THE COST OF LAYING DIETS

SUMMARY - Maize is the energy ingredient mostly used for poultry feed formulation, with an additional role on the pigmentation of the egg yolks due to its xanthophylls, unlike wheat and sorghum, with little or no potential for it. Of this study, the amounts of xanthophylls from the energy ingredients were considered for the calculation of total xanthophylls of the diet. The objective of the experiment was to identify the amounts of yellow and red xanthophylls to be added to maize, sorghum and wheat diet to provide the preferred yolk colors for the local population. In addition, it was intended to determine the cost of the diets that provided the most accepted yolk colors. Three individual experiments were performed with 72 laying hens (*Dekalb*) each. The experiments were combined, resulting in diets containing eight levels of yellow xanthophylls (0; 0.25; 0.5; 1.0; 1.25; 1.5; 1.75 and 2.0 mg/hen/day) and three levels of red xanthophylls (0; 0.35 and 0.7 mg/hen/day) in the diets. For the performance analyses, hens were weighed at the beginning and at the end of the experiment and the eggs were weighed daily. The cost analysis was assessed using the Practical Program for Feed Formulation. The yolks colors were evaluated by objective (*L*, *a* and *b*) and subjective (Roche Yolk Color Fan - RYC) methods. The preference for the yolk color was assessed by a hedonic scale of five points. The hens' weight ($P = 1.00$) and the eggs' weight ($P = 0.07$) were not influenced by the inclusion of the additives in the diets. The most accepted RYC colors were 9 with the maize based

diets, 6 with sorghum diets and 8 with wheat diets, which were achieved with the addition of 2.0 mg/hen/day of yellow pigments to the maize and sorghum diets, and 1.25mg/hen/day of yellow pigments to the wheat diet. There was a significant interaction between the amount of yellow and red xanthophylls ($P < 0.0001$) on *L*, *a* and *b*. The cost of the maize diet adjusted to the lowest consumption (90 g/hen/day) to achieve RYC color 9 to egg yolks was R\$ 111.26 for 1.000 hens/day, and the cost of the sorghum diet adjusted to the highest consumption (110 g/hen/day) to achieve the same color, was R\$ 86.58 for 1.000 hens/day.

Keywords: Canthaxanthin, lutein, maize, sorghum, wheat

1 – Introdução

A cor da gema é definida pela quantidade e pelo tipo de pigmentos carotenoides (xantofilas) presentes na dieta das galinhas poedeiras (GALOBART et al., 2004).

Um dos ingredientes mais utilizados na fabricação de rações para galinhas poedeiras é o milho, que apresenta quantidade considerável de carotenoides que conferem a cor amarela da gema, mas não o suficiente para pigmentá-la em alaranjado ou vermelho intenso (OLIVEIRA et al., 2008). Em alguns países, o milho tem produção limitada, e outras fontes energéticas são utilizadas na fabricação de ração de galinhas poedeiras como, por exemplo, trigo e sorgo, que possuem pouco ou nenhum carotenoide em sua composição e, por isso, são incapazes de fornecer coloração intensa às gemas (GURBUZ et al.; 2003).

Por isso, quando se faz uso desses ingredientes para a formulação de ração para aves de postura, é necessário adicionar aditivos pigmentantes às dietas para atingir a cor desejada para as gemas (SHAHSAVARI, 2015), o que leva a um custo adicional.

Neste estudo foram consideradas as quantidades de xantofilas oriundas dos ingredientes energéticos no cálculo de xantofilas totais da ração. O objetivo do experimento foi identificar as quantidades de xantofilas amarelas e vermelhas a

serem adicionadas às rações à base de milho, sorgo e trigo para proporcionar as cores de gemas preferidas pela população local. Além disso, pretendeu-se determinar o custo das rações que forneceram as cores de gemas mais aceitas.

2 - Material e Métodos

Aprovação da comissão de ética

O desenvolvimento deste estudo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) – da FOA/UNESP em 13/02/2015, de acordo com o protocolo 2014-01256.

Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido no galpão de postura do Setor de Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária da UNESP, campus de Araçatuba – FMVA.

Foram realizados três experimentos independentes. No experimento I (Apêndice A), as rações experimentais foram à base de milho; no experimento II, as rações experimentais foram à base de trigo (Apêndice B) e, no experimento III, as rações experimentais foram à base de sorgo (Apêndice C).

Para a definição dos tratamentos, foi utilizado um modelo de Delineamento Composto Central, seguindo o esquema $2^k + 2k + n$ (k = número de fatores, n = número de repetições no ponto central) (GHOSH; SWAMINATHAN, 2003). Cada experimento contou com três fatores independentes – as xantofilas amarelas provenientes dos ingredientes energéticos, as xantofilas amarelas suplementares e a xantofila vermelha suplementar e com três repetições no ponto central, resultando em 15 tratamentos. Foram realizadas quatro repetições de cada experimento.

Animais e rações experimentais

Foram utilizadas 72 galinhas da linhagem *Delkalb* branca, a partir dos 6

meses de idade. As mesmas aves foram utilizadas para os três experimentos. As aves foram alojadas individualmente em gaiolas de arame (40 x 25 x 44 cm), no sistema de galpão tipo californiano para receberem a ração controle de cada experimento por 30 dias para uniformizar a cor das gemas. Na sequência, as aves receberam as rações experimentais (110 g/ave/dia), por 21 dias. Durante todo o experimento, a água foi servida à vontade e um programa de iluminação de 16 horas/dia foi adotado.

As rações experimentais foram formuladas com o PPFR software livre (GARCIA NETO, 2016), seguindo recomendações nutricionais estabelecidas por Rostagno et al. (2011). Também utilizando o programa, foi realizada a avaliação econômica das rações, por meio da análise de sensibilidade (multiplicador de Lagrange).

As matérias-primas para a formulação das rações foram adquiridas no comércio local.

Os pigmentantes utilizados foram as xantofilas amarelas provenientes dos ingredientes energéticos das rações (milho / farelo de glúten de milho / sorgo), as xantofilas naturais amarelas (Xamacol 40[®]: luteína + zeaxantina 4%, Novus) e a xantofila sintética vermelha (Carophyll Red[®]: cantaxantina 10%, DSM), cujas quantidades foram calculadas para compor as concentrações apresentadas nos Apêndices A, B e C.

Como os grãos de sorgo e trigo apresentam pouca ou nenhuma quantidade de carotenoide, o ajuste das concentrações de pigmentos nas rações foi feito pela adição do farelo de glúten, pois apresenta xantofilas amarela.

Pesagens, taxa de postura e a avaliação sensorial

Para as características de produção, as galinhas foram pesadas no início e no final de cada experimento, os ovos foram pesados diariamente e foi verificada a taxa de postura, registrada diariamente.

Para a análise da cor objetiva, foram medidos os seguintes parâmetros: *L* (luminosidade), *a* (intensidade de verde/vermelho), *b* (intensidade de

azul/amarelo) utilizando-se um colorímetro portátil (MiniScan XE Plus[®], *Hunterlab*) previamente padronizado nas cores preto (0) e branco (100), usando iluminante D65 e 10 ° para o ângulo do observador. O índice de cor das gemas (cor subjetiva) foi obtido por comparação com os números do Leque Colorimétrico da Roche (cor LCR), que vão de 1 a 15.

Para a avaliação sensorial, as gemas foram apresentadas para 35 adultos não treinados, com hábitos de consumo de ovos, que foram convidados a mostrar sua aceitação para as cores de acordo com uma escala hedônica de 5 pontos (1 – desgostei muito, 2 – desgostei, 3 – indiferente, 4 – gostei e 5 – gostei muito).

Análises estatísticas

Foram realizadas análises de variância para os dados de desempenho e de cor. Os dados de cor objetiva foram submetidos à análise de regressão usando a Metodologia de Superfície de Resposta para representar as interações entre as variáveis. Os resultados obtidos na análise sensorial foram submetidos ao teste de Kruskal Wallis, seguido pelo teste de comparação múltipla de Dunn. Para essas avaliações utilizou-se o pacote estatístico SAS[®] Versão 9.2 e adotou-se o nível de significância de 5%.

3 - Resultados e discussão

Para iniciar os experimentos, as cores das gemas foram uniformizadas, por meio do fornecimento da ração controle, por período de 30 dias, iniciando o experimento I com a cor 6 LCR, e os experimentos II e III com a cor 1 LCR.

A estabilização da cor das gemas foi alcançada no décimo quinto dia de aplicação de todos os tratamentos. Polonio et al. (2010) afirmaram em seu experimento que foram necessários 15 dias de aplicação de biomassa bacteriana, utilizada como ingrediente pigmentante em rações de galinhas poedeiras, para ocorrer a estabilização da cor das gemas e Sandeski et al. (2014) também confirmam a necessidade de 15 dias de aplicação de pigmentos sintéticos

amarelos e vermelhos para alcançar a mesma estabilização. Já no experimento de Hammershoj et al. (2010), foram necessários 14 dias, quando diferentes tipos de cenoura foram utilizadas na suplementação da ração de poedeiras.

Os tratamentos aplicados permitiram a definição de sete cores distintas para as dietas à base de milho e de trigo e de seis cores distintas para as dietas à base de sorgo. As cores LCR das gemas provenientes dos diferentes tratamentos e as respectivas quantidades de pigmentos utilizados em cada dieta experimental estão apresentadas nas Tabelas 1, 2 e 3.

Tabela 1 - Cores de gema obtidas pelo Leque de Cor da Roche e quantidades de pigmentos presentes nas dietas à base de milho

Parâmetros	índice de cor da gema														
	6	7	8		9 ¹	12	13				14 ²				
Tratamento	1	4	7	11	14	3	6	8	10	13	2	5	9	12	15
Total de pigmento amarelo (mg/ave/dia)	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0	1,25	1,25	1,5	1,75	1,75	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0
Pigmento vermelho suplementar (mg/ave/dia)	0	0	0	0	0	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7

¹A cor da gema mais aceita

²A cor da gema menos aceita

Tabela 2 - Cores de gema obtidas pelo Leque de Cor da Roche e quantidades de pigmentos presentes nas dietas à base de trigo

Parâmetros	índice de cor da gema														
	1	3	7	8 ¹			13 ¹					14	15 ²		
Tratamento	1	4	7	10	12	14	2	5	6	8	9	15	3	11	13
Total de pigmento amarelo (mg/ave/dia)	0	0,5	1,0	1,25	1,5	2,0	0	0,25	1,0	1,5	1,25	1,75	0,5	1,5	2,0
Pigmento vermelho suplementar (mg/ave/dia)	0	0	0	0	0	0	0,7	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,7	0,7	0,7

¹A cor da gema mais aceita

²A cor da gema menos aceita

Tabela 3 - Cores de gema obtidas pelo Leque de Cor da Roche e quantidades de pigmentos presentes nas dietas à base de sorgo

Parâmetros	índice de cor da gema														
	1	5			6 ¹	11			12	13 ²					
Tratamento	1	4	10	12	14	6	7	15	9	13	2	3	5	8	11
Total de pigmento amarelo (mg/ave/dia)	0	0,5	1,25	1,5	2,0	1,0	1,5	1,75	1,25	2,0	0	0,5	0,25	1,25	1,5
Pigmento vermelho suplementar (mg/ave/dia)	0	0	0	0	0	0,35	0,35	0,35	0,35	0,7	0,7	0,7	0,7	0,35	0,7

¹A cor da gema mais aceita

²A cor da gema menos aceita

As gemas das dietas à base de milho e de sorgo, com cores LCR 9 e 6, tiveram os maiores índices de aceitação, com frequência de 31% (11 pessoas) e 28,6% (10 pessoas), respectivamente, para a nota 5. Essas cores foram alcançadas com o total de 2,0 mg de pigmentos amarelos ave/dia, sendo 1,5 mg provenientes dos ingredientes e 0,5 mg proveniente do pigmento amarelo sintético adicionado, sem nenhuma proporção de pigmentos vermelhos, conforme pode ser

observado nas Tabelas 1 e 3. Os maiores índices de aceitação com as gemas da dieta à base de trigo foram alcançados para as cores LCR 8 e 13, que receberam igualmente 25,7% (9 pessoas) de frequência para a nota 5. As quantidades dos diferentes pigmentos necessários para se obter a cor LCR 8 estão apresentadas na Tabela 2. Nota-se que, para todas as cores de maior aceitação, a quantidade de xantofilas vermelhas nas dietas foi zero. No outro extremo da avaliação sensorial, os índices de maior rejeição foram dados à cor LCR 14 (37,1%) com a ração de milho, à cor LCR 15 (34,3%) com a ração de trigo e à cor LCR 13 (37,1%) com a ração de sorgo, valores extremos do LCR, e que foram alcançadas pelo uso da maior concentração de pigmentos vermelhos testada, 0,7 mg/avedia. Isso significa que, para a população pesquisada, que retrata o gosto do consumidor da região, as cores muito intensas não são desejáveis. Os índices de rejeição para a cor LCR 1 com a dieta de sorgo foi de 60% para a nota 2 e, para a cor 1 com a dieta de trigo, foi de 54,3%, mostrando, que cores muito claras também não são aceitas pelos consumidores locais.

As análises sensoriais foram realizadas com a participação de diferentes pessoas, em diferentes épocas do ano, e percebe-se que os consumidores locais têm preferência por gema de coloração amarela, LCR 9. O experimento com a ração à base de sorgo não permitiu alcançar a cor 9 do LCR, sendo a cor LCR 6 a mais aceita na análise. Já, com o experimento à base de trigo, o mesmo índice de aceitação para as cores de gema foi obtido para as cores 8 e 13 do LCR, isso significa que em uma mesma população local há gostos distintos.

A preferência pela cor da gema varia entre os consumidores de diferentes países, ou mesmo entre regiões de um mesmo país. Está geralmente ligada à localização geográfica, cultura e tradições (BEARDSWORTH; HERNANDES, 2004). Nos Estados Unidos e no Brasil, o consumidor prefere colorações entre 7 e 10 na escala colorimétrica DSM (GALOBART et al., 2004). Mendes (2010) defendeu que a preferência para a cor das gemas de ovos comuns no Brasil está entre as cores 9 a 10 do LCR e Sandeski et al. (2014), confirmaram também a cor 9 do LCR como a preferida na região Noroeste do estado de São Paulo, onde foi feito o estudo.

Por outro lado, na Europa e na Ásia, os consumidores têm preferência por gemas mais pigmentadas, entre 10 e 14 do LCR (BRUFAU, 1997). Kljak et al. (2012) confirmaram que a preferência da população local da Croácia é por gemas com tom dourado intenso (aproximando-se do alaranjado), correspondente aos valores 10 a 12 do leque colorimétrico.

A intensidade da pigmentação da gema dos ovos produzidos em sistemas orgânicos é mais intensa (9 e 14 no LCR) do que das gemas de ovos de aves produzidas no sistema industrial (3 e 6 no LCR), uma vez que, naquele sistema, as aves têm acesso a uma ampla variedade de alimentos com propriedades pigmentantes, tais como pastagem *coast cross*, rami, caldo de cana, brotos de milho e girassol (GALOBART et al., 2004; NYS; GUYOT, 2011). Daí se justifica o uso de pigmentos carotenoides nas rações de poedeiras do sistema industrial de criação, visando incrementar a cor das gemas para atrair o consumidor.

A análise de variância mostrou não haver diferença significativa para os atributos da cor objetiva quando as fontes de carotenoides amarelos da dieta variavam ($P = 0,4675$, $P = 0,5857$ e $P = 0,6979$ para L , a e b , respectivamente). Por isso, para a análise de regressão, as quantidades de xantofilas amarelas presentes nos ingredientes foram somadas às quantidades de xantofilas amarelas suplementares, resultando em oito concentrações (0; 0,25; 0,5; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75 e 2,0 mg/ave/dia), passando a ser chamadas de amarelo total. Também não foi encontrada diferença significativa entre as médias dos tratamentos e experimentos ($P = 0,9632$) e, por isso, os dados dos experimentos I, II e III foram combinados para a análise de regressão.

No apêndice D estão apresentados os resultados da análise de variância e de regressão para os atributos de cor objetiva (L , a e b) e da cor subjetiva (LRC) em função dos pigmentos vermelhos adicionados (0; 0,35 e 0,7 mg/ave/dia) e do total de pigmentos amarelos.

Por outro lado, a análise de variância entre as concentrações dos pigmentos vermelhos e amarelos da ração mostrou exercer influência altamente significativa ($p < 0,0001$) sobre L , a , b e LCR. Os coeficientes de determinação (R^2) para L , a , b e LCR foram de 73,45; 91,97; 83,26 e 95,43%, respectivamente, o que

indica o alto ajuste dos modelos encontrados às variáveis independentes.

A análise de regressão dos dados experimentais permitiu estabelecer uma relação quadrática entre os índices do LCR e as concentrações de pigmentos amarelos e vermelhos, que foi expressa pela Equação 1.

$$(Eq.1). LCR = 1,22 + 31,9 V + 5,3 A - 20,56 V^2 - 5,24 VA - 0,97 A^2$$

onde

$$\begin{cases} LCR = \text{índice de cor pelo leque de cor da Roche} \\ V = \text{concentração de pigmentos vermelhos (mg/ave/dia)} \\ A = \text{concentração de pigmentos amarelos (mg/ave/dia)} \end{cases}$$

A representação das equações de regressão obtidas para L , a e b estão apresentados nas Figuras 1, 2 e 3, na forma de superfície de resposta. Por meio delas, é possível observar que a adição de ambos os pigmentantes promovem escurecimento da gema, obtendo o valor de L próximo a 60 (Figura 1), indicando que quanto mais próximo do valor zero, mais escura é a cor da gema. Também é possível observar que, para a definição de a , os pigmentos vermelhos adicionados exerceram um efeito mais acentuado de que os pigmentos amarelos (Figura 2) e que a quantidade de pigmento vermelho pouco influenciou a definição de b (Figura 3).

O gráfico de contornos apresentado na Figura 4 permite visualizar que, para obter a cor LCR 9 para as gemas (representada no gráfico por 'x'), que foi a mais aceita pelo consumidor local, a possibilidade do uso de diferentes concentrações de pigmentos amarelos e vermelhos na ração. Utilizando-se uma dieta sem xantofilas, como é o caso do trigo, é necessária, por exemplo, uma quantidade mínima de 0,28 mg/ave/dia somente de pigmento vermelho, ou uma quantidade de 1,0 mg/ave/dia + 0,12 mg/ave/dia de pigmento amarelos e de pigmento vermelho, ou uma quantidade máxima de pigmentos amarelos de 2,0 mg/ave/dia + 0,1 mg/ave/dia de pigmento vermelho, para atingir a cor LCR 9. Esses dados permitem ao produtor adquirir os ingredientes pigmentantes com base no valor de mercado, ou seja, se o pigmento amarelo for mais barato, utiliza-se mais e, se o pigmento vermelho for mais caro, utiliza-se menos.

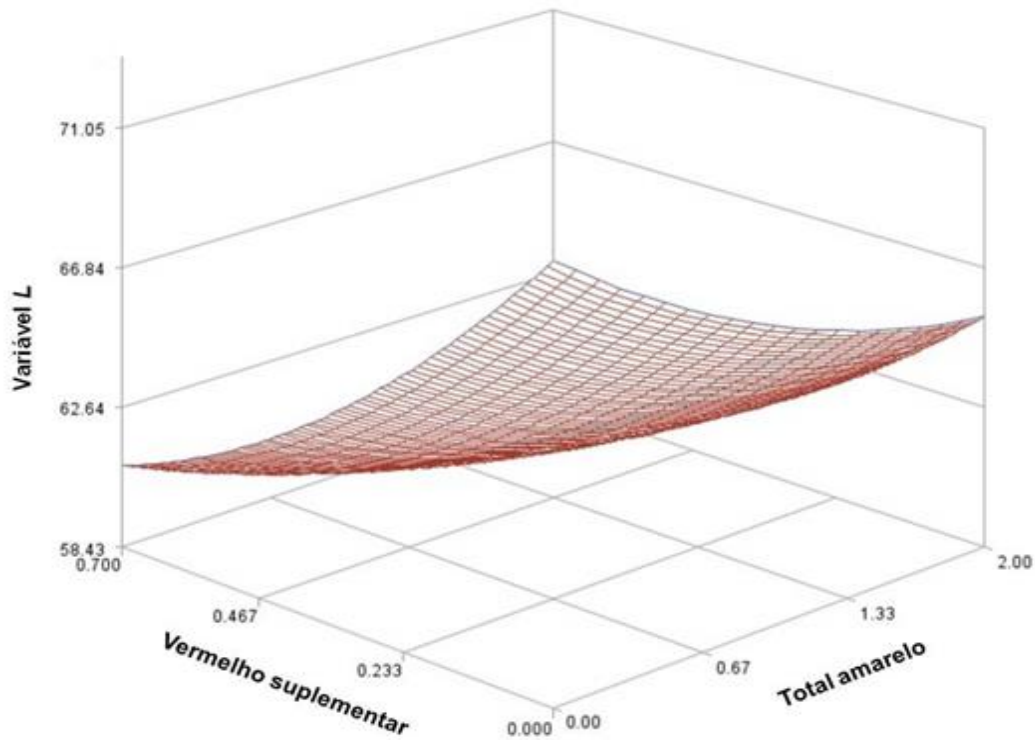


FIGURA 1 - Superfície de resposta tridimensional para o total de pigmentos amarelos e pigmentos vermelhos suplementares: variável L

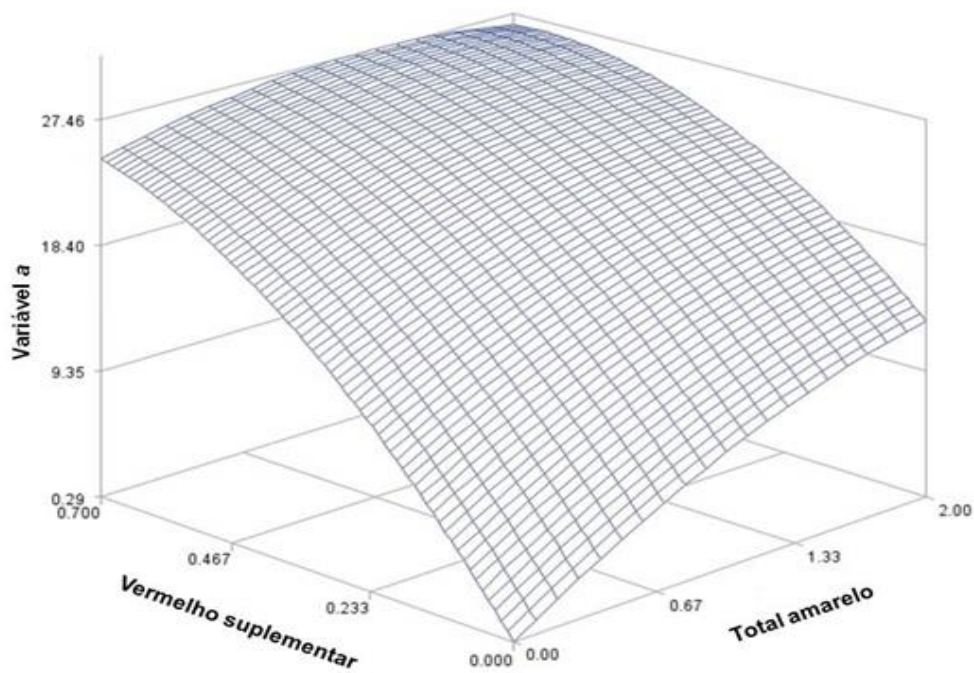


FIGURA 2 - Superfície de resposta tridimensional para o total de pigmentos amarelos e pigmentos vermelhos suplementares: variável a

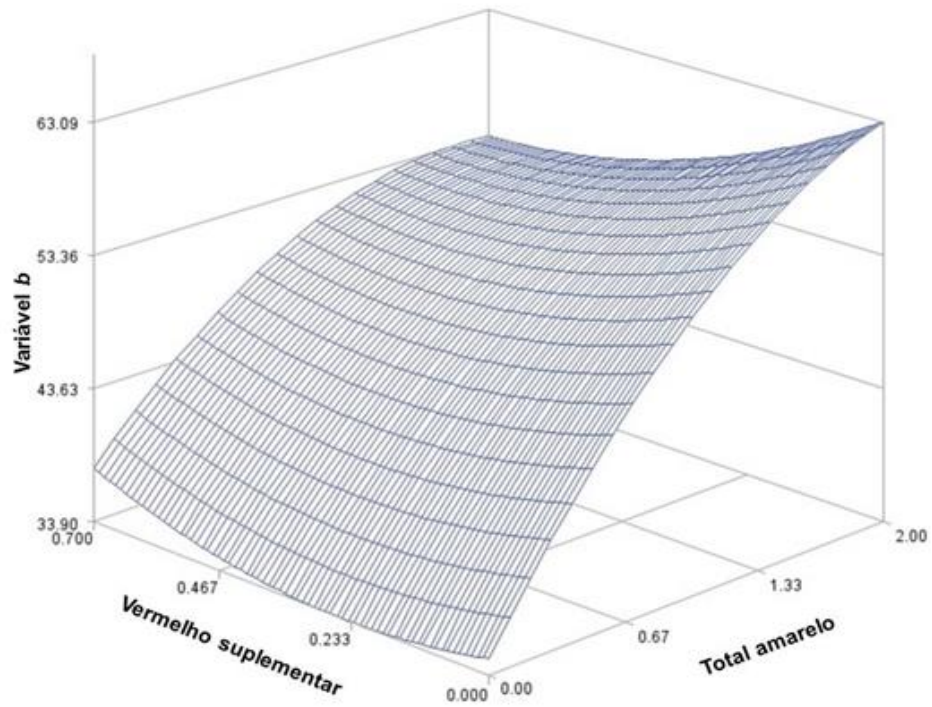


FIGURA 3 - Superfície de resposta tridimensional para o total de pigmentos amarelos e pigmentos vermelhos suplementares: variável b

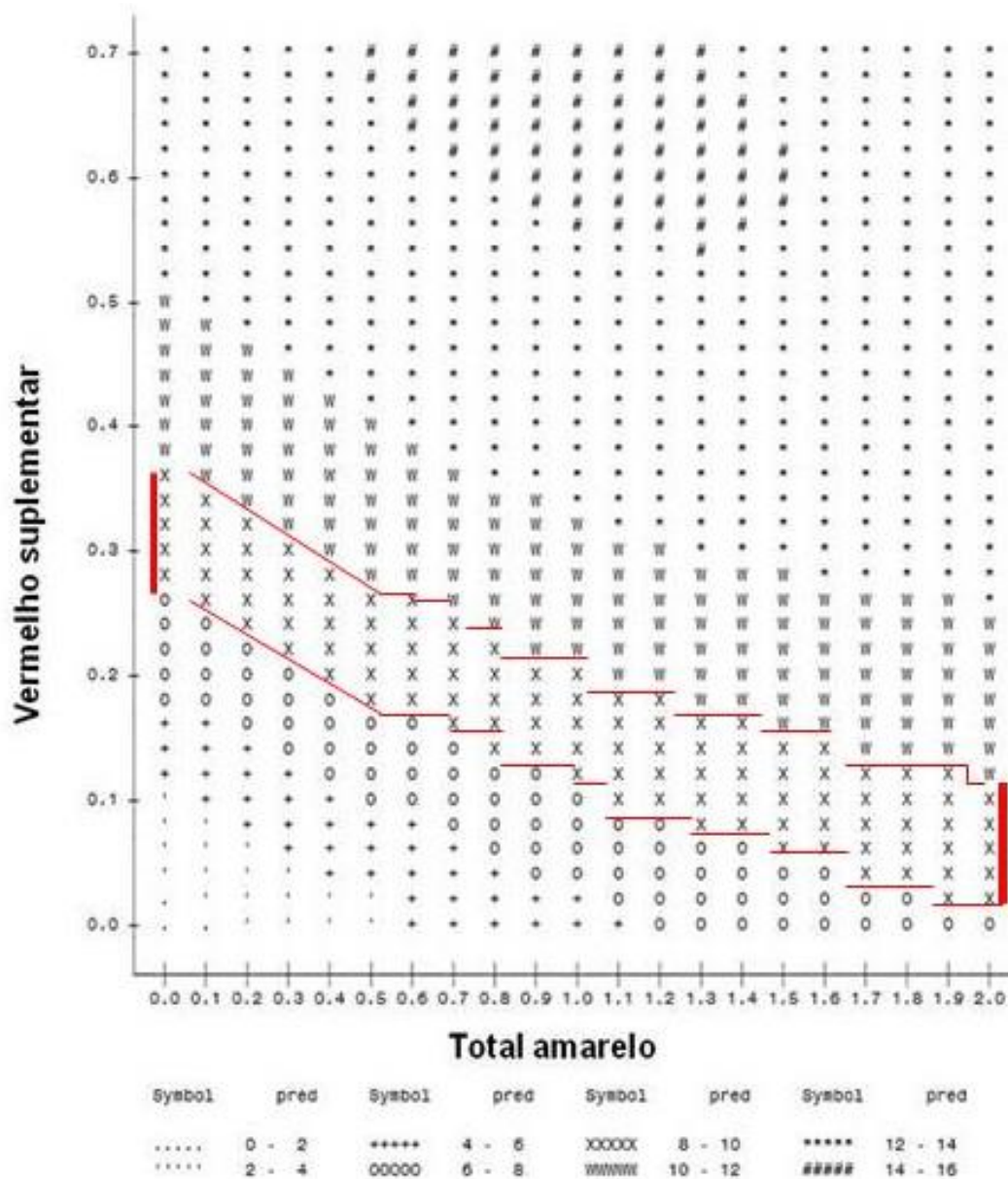


FIGURA 4 - Gráfico de contornos para o total de pigmentos amarelos e pigmentos vermelhos suplementares: variável leque de cor

Os pesos dos ovos ($P=0,07$) e das aves ($P=1,00$) não foram afetados pelos diferentes tipos ou quantidades de xantofilas estudadas nos experimentos. As taxas de posturas entre os tratamentos controles e os tratamentos experimentais nos experimentos I, II e III, foram de 93,2 e 93,4%; 85,9 e 85,2%; 89,7 e 89,8%, respectivamente, demonstrando não haver influência da inclusão dos pigmentos nas rações. O peso médio dos ovos no experimento com a dieta à base de

milho foi de 58,7 g, com a dieta à base de trigo foi de 56,7 g e, à base de sorgo, foi de 59,1 g, o que os classifica como “tipo especial” pela legislação brasileira (BRASIL, 2007), indicando o bom desempenho produtivo das aves.

Os dados encontrados neste experimento são corroborados com os resultados encontrados por outros autores que trabalharam com diferentes pigmentantes na suplementação de ração de poedeiras, indicando não haver diferenças significativas no desempenho produtivo das aves quando alimentadas com diferentes fontes de carotenoides: pimenta vermelha (*Capsicum annuum*) e flor de *Marigold* (*Tagetes erectus*) (MOEINI et al., 2013); extrato de páprica a 0,1% (LOKAEWMANEE et al., 2011); pigmento natural de urucum (GARCIA et al., 2009); semente de urucum moída na dieta com folha picada de *Alocasia macrorrhiza* (BRAZ et al., 2007); pigmentantes sintéticos *Carophyll Yellow* e *Carophyll Red* ou milho amarelo (LIUFA et al., 1997). Sandeski et al. (2014), por exemplo, utilizaram luteína, zeaxantina e cantaxantina, e não observaram alteração do peso dos ovos e das aves, enquanto que 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.

A Eq. 1 foi adicionada ao PPFRR para estimar o custo das rações de acordo com o leque de cor formado pela análise objetiva, variando de 1 a 14 (a cor máxima alcançada). Para estimar o consumo das aves, foi levada em consideração a ingestão média de 103 g/ave/dia para poedeiras leves e, a partir disso, foram definidas as quantidades de 90, 100 e 110 g/ave/dia. Em todas as formulações, verificou-se que, quando se simula um aumento no consumo da ração (100 e 110 g/ave/dia), ocorre uma diminuição no custo da ração, uma vez que o programa permite a entrada do ingrediente energético de menor custo na formulação, no caso, o sorgo. As dietas contendo milho foram utilizadas para se ajustar ao menor consumo (90 g/ave/dia). Isso significa que a ração formulada para o menor consumo contém maior densidade nutricional quando comparada à ração formulada para o maior consumo (Apêndice E). Como o milho oferece xantofilas (MORENO et al., 2007), as formulações das rações com este grão atingiram escores superiores a 3 para as gemas. Já o sorgo, que dispõe de níveis muito

baixos desses pigmentos (BLAIR, 2008; MOURA et al., 2011), permitiu apenas o alcance das cores 2 e 3 do LCR. O trigo não entrou na formulação, porque aumenta o valor da dieta em relação ao milho e ao sorgo.

O custo da ração de milho formulada para alcançar a cor LCR 9 da gema, considerando o menor consumo foi de R\$ 111,26 para 1.000 aves/dia, já na formulação à base de sorgo, para alcançar a mesma cor, o custo foi, respectivamente, de R\$ 92,51 e R\$ 86,58 para 1.000 aves/dia para os consumos de 100 e 110 g/ave/dia.

A análise de sensibilidade demonstrou que é possível alcançar o escore 3 do LCR somente com os pigmentos carotenoides oriundos dos ingredientes, e que não há influência significativa do aumento ou da diminuição dos ingredientes e de sua exigência na dieta (multiplicador de Lagrange) (Figura 5). O multiplicador de Lagrange é um fator que permite avaliar o grau de influência do aumento ou da diminuição da quantidade dos nutrientes e suas exigências na dieta, indicando como os efeitos de pequenas alterações vão influenciar nos resultados gerados pela otimização (PENZ-JUNIOR; BRUNO, 2012; SVENSSON et al., 2009). De acordo com Xiong et al. (2003) quanto maior o multiplicador de Lagrange de um nutriente, mais impactante sua influência sobre o custo da dieta. Portanto, quando as alterações na formulação forem iguais a zero, isso significa que esse valor não tem influência sobre o custo mínimo. Já escores acima desse valor, começam a influenciar o custo da dieta, devido à necessidade de adição de aditivos pigmentantes para alcançar a cor desejada para as gemas, obtendo valores negativos gerados pela otimização na formulação. Esses resultados são apresentados na Figura 5.

No Brasil, as sacas de 60 kg de milho, trigo e sorgo, custam, respectivamente, R\$ 40,00, R\$ 32,00 e R\$ 25,00 (AGROLINK, 2016), o que desperta o interesse pelo uso dos dois últimos grãos, com o objetivo de reduzir custos na produção e, também, viabilizar o uso destes cereais, que apresentam grande potencial energético para galinhas poederias, especialmente onde há dificuldade para estabelecer a cultura de milho, de produção limitada (GOES et al., 2013).

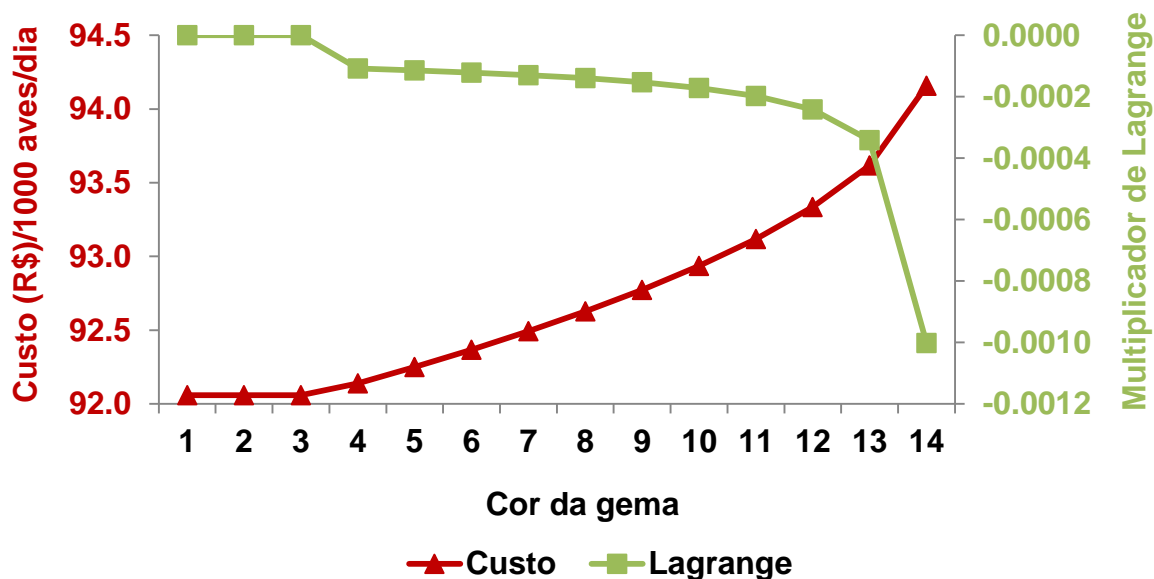


FIGURA 5 - Gráfico da solução ótima correspondente à formulação de custo da ração

4 - Conclusão

A cor subjetiva LCR de maior aceitação foi 9 na ração de milho, que foi obtida com de 2,0 mg/ave/dia de xantofilas amarelas.

Para se obter a cor objetiva LCR 9, com as dietas de trigo e sorgo é necessário combinar xantofilas amarelas e vermelhas, com proporções como 1,0 mg/ave/dia + 0,12 mg/ave/dia, respectivamente.

O custo das rações à base de milho utilizadas para ajustar ao menor consumo (90 g/ave/dia) e formuladas para alcançar a cor LCR 9, foi de R\$ 111,26 para 1.000 aves/dia. Na formulação à base de sorgo, o custo mínimo, foi de R\$ 92,51 e de R\$ 86,58 para 1.000 aves/dia, para os consumos de 100 e 110 g/ave/dia.

REFERÊNCIAS

AGROLINK – Cotações. 2016. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/cotacoes/>>. Acesso em: 31 de mai. 2016.

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.

BEARDSWORT, P. M.; HERNANDES, J. M. Yolk colour an important egg quality attribute. **International Poultry Production**, v.12, n.5: p.17–18, 2004.

BLAIR, R. **Nutrition and feeding of organic poultry**. Wallingford, UK: Cabi Series, 2008. p.314.

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.129-133, 2007.

BRUFAU, J. Yolk: the golden opportunity. International table egg production supplement. **International Poultry Production**, v.5, p.17–25, 1997.

GALOBART, J.; SALA, R.; RINCÓN- CARRUYO, X.; MANZANILLA, E.G.; VILA,B.; GASA, J. Egg yolk color as affected by saponification of different natural pigmenting sources. **Journal Applied of Poultry Research**, v. 13, n.2, p. 328-334,

2004.

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: 26 de fev. 2016.

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.

GOES, R. H. T. B.; XAVIER DA SILVA, L. H; ALVES DE SOUZA, K. **Alimentos e alimentação animal**. Assis: Editora Triunfal, 2013. 79p.

GURBUZ, Y.; YASAR, S.; KARAMAN, M. Effects of addition of the red pepper from 4th harvest to corn or wheat based diets on egg-yolk colour and egg production in laying hens. **International Journal Poultry Science**, v.2, n.2, p.107-111, 2003.

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, 2010.

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.

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.

LOKAEWMANEE, K.; YAMAUCHI, K.; KOMORI, T.; SAITO, K. Enhancement of egg yolk color by paprika combined with a probiotic. **Journal Applied of Poultry Research**, v. 20, n.1, p. 90-94, 2011.

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.

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.

MORENO, J. O.; ESPÍNDOLA, G. B.; SANTOS, M. S. V.; FREITAS, E. R.; GADELHA, A. C.; SILVA, F. M. C. Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais, alimentadas com dietas contendo sorgo e páprica em substituição ao milho. **Acta Scientiarum Animal Science**, v. 29, n. 2, p. 159-163, 2007.

MOURA, A. M. A.; TAKATA, F. M.; NASCIMENTO, G. R.; SILVA, A. F.; MELO, T. V.; CECON, P. R. Pigmentantes naturais em rações à base de sorgo para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.11, p.2443-2449, 2011.

NYS, Y; GUYOT, N. Egg formation and chemistry. In: NYS, Y.; BAIN, M.; VAN IMMERSSEEL, F. (Eds.) **Improving the safety and quality of eggs and egg**

products, Cambridge: Woodhead, 2011. v.1, p. 83-132.

OLIVEIRA, N. T. E.; FONSECA, J. B.; SOARES, R. T. R. N.; FERREIRA, K. S.; THIEBAUT, T. L. Pigmentação de gemas de ovos de codornas japonesas alimentadas com rações contendo colorífico. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.5, p.1525-1531, 2008.

PENZ-JUNIOR, A. M.; BRUNO, D. G. **The future of broiler production in the Americas**. 2012. Disponível em: http://www.thepoultryfederation.com/public/userfiles/files/Penz_The%20Future%20of%20Broiler%20Production%20in%20the%20Americas_abstract.pdf. Acesso em: 05 de mar. 2016.

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.

ROSTAGNO, H. S. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**. Composição de alimentos e exigências nutricionais. 3. ed. Viçosa, MG: Independente, 2011.

SANDESKI, L. M.; PONSANO, E. H. G.; GARCIA NETO, M. Optimizing xanthophyll concentrations in diets to obtain well-pigmented yolks. **Journal of Applied Poultry Research**, v.23, n.3, p.409-417, 2014.

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

SHAHSAVARI, K. Influences of different sources of natural pigments on the color and quality of eggs from hens fed a wheat-based diet. **Iranian Journal of Applied Animal Science**, v.5, n.1, p.167-172, 2015.

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**, v.42, n.2, p.346-352, 2012.

SVENSSON, E.; BERNTSSON, T.; STROMBERG, A.; PATRIKSSON, M. An optimization methodology for identifying robust process integration investments under uncertainty. **Energy Policy**, v.37, n.2, p.680-685, 2009.

XIONG.; LUO Q.; PANG Z. Application of dual model in animal feed formulation optimizing system. **Scientia Agricultura Sinica**, v.36, p.1347-1351, 2003.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Composição da ração de milho para galinhas poedeiras com diferentes concentrações de pigmentos

Ingredientes (%)	Tratamentos														
	T1 (controle)	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
Xantofilas amarelas	--	--	0,006	0,012	0,012	--	0,006	0,006	0,006	0,012	--	--	0,006	0,012	0,012
Xantofilas vermelhas	--	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
Xantofilas amarelas do ingrediente	mg/ave/dia	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,500	1,500	1,500	1,500
Xantofilas naturais amarelas**	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
Xantofilas sintéticas vermelhas***	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. **Xantofilas naturais amarelas: Xamacol 40®;

***Xantofilas sintéticas vermelhas: Carophyll Red®

APÊNDICE B – Composição da ração de trigo para galinhas poedeiras com diferentes concentrações de pigmentos

Ingredientes (%)	Tratamentos														
	T1 (controle)	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15
Trigo farinha	35,287	35,294	35,306	35,299	35,296	31,102	31,098	31,114	31,108	31,104	29,000	28,993	29,012	29,005	29,487
Soja farelo - 45%	14,272	14,273	14,276	14,274	14,274	7,774	7,773	7,776	7,775	7,774	4,528	4,527	4,530	4,529	4,476
Calcário calcítico	8,663	8,663	8,663	8,663	8,663	8,737	8,737	8,737	8,737	8,737	8,774	8,774	8,774	8,774	8,770
Trigo farelo	32,278	32,263	32,237	32,252	32,258	37,689	37,696	37,663	37,676	37,683	40,389	40,404	40,363	40,377	40,060
Fosfato bicálcico	1,123	1,123	1,124	1,123	1,123	1,052	1,052	1,053	1,053	1,053	1,017	1,017	1,018	1,017	1,023
Sal comum	0,492	0,492	0,492	0,492	0,492	0,492	0,492	0,492	0,492	0,492	0,492	0,492	0,492	0,492	0,492
Óleo de soja	7,454	7,454	7,454	7,454	7,454	7,454	7,454	7,454	7,454	7,454	7,454	7,454	7,454	7,454	7,340
Glúten farelo de milho - 60%	--	--	--	--	--	5,144	5,144	5,144	5,144	5,144	7,716	7,716	7,716	7,716	7,716
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	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
L-Lisina HCL	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220	0,291	0,291	0,291	0,291	0,293
Xantofilas amarelas	--	--	0,012	0,012	0,006	--	--	0,012	0,006	0,006	--	--	0,012	0,012	0,006
Xantofilas vermelhas	--	0,006	0,006	--	0,003	0,003	--	0,003	0,003	--	0,006	--	0,006	--	0,003
Composição calculada															
Energia metabolizável	Kcal/kg	2805,56	2805,560	2805,560	2805,560	2805,560	2805,560	2805,560	2805,560	2805,560	2805,560	2805,560	2805,560	2805,560	2805,560
Proteína bruta	%	15,890	15,890	15,890	15,890	15,280	16,500	16,500	16,500	16,500	16,500	16,810	16,810	16,810	16,790
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	%	0,630	0,620	0,630	0,630	0,630	0,570	0,570	0,570	0,570	0,540	0,540	0,540	0,540	0,540
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	0,360	0,360	0,360	0,360	0,380	0,380	0,380	0,380	0,380
Ácido linoleico	%	4,800	4,800	4,800	4,800	4,800	4,800	4,880	4,880	4,880	4,880	4,920	4,920	4,920	4,860
Lisina digestível	%	0,670	0,670	0,670	0,670	0,670	0,670	0,670	0,670	0,670	0,670	0,670	0,670	0,670	0,670
Metionina digestível	%	0,360	0,360	0,360	0,360	0,360	0,370	0,370	0,370	0,370	0,390	0,390	0,390	0,390	0,390
Metionina+cistina digestível	%	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,640	0,640	0,640	0,640	0,670	0,670	0,670	0,670	0,670
Triptofano digestível	%	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,170	0,170	0,170	0,170	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160
Treonina digestível	%	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,460	0,460	0,460	0,460	0,460	0,460	0,460	0,460	0,460
Xantofilas amarelas do ingrediente	mg/ave/dia	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	1,500	1,500	1,500
Xantofilas naturais amarelas**	mg/ave/dia	0,000	0,000	0,500	0,500	0,250	0,000	0,000	0,500	0,250	0,250	0,000	0,000	0,500	0,250
Xantofilas sintéticas vermelhas***	mg/ave/dia	0,000	0,700	0,700	0,000	0,350	0,350	0,000	0,350	0,350	0,000	0,700	0,000	0,700	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. **Xantofilas naturais amarelas: Xamacol 40®;

***Xantofilas sintéticas vermelhas: Carophyll Red®

APÊNDICE C – Composição da ração de sorgo para galinhas poedeiras com diferentes concentrações de pigmentos

Ingredientes (%)	Tratamentos														
	T1 (controle)	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15
Sorgo baixo tanino	66,531	66,517	66,496	66,507	66,516	65,478	65,455	65,460	64,467	65,473	62,809	62,822	62,786	62,799	62,804
Soja farelo - 45%	19,920	19,923	19,928	19,925	19,924	16,813	16,818	16,817	16,816	16,814	17,127	17,124	17,131	17,129	17,128
Calcário calcítico	8,644	8,644	8,644	8,644	8,644	8,665	8,665	8,665	8,665	8,665	8,670	8,670	8,670	8,670	8,670
Fosfato bicálcico	1,358	1,358	1,358	1,358	1,358	1,352	1,352	1,352	1,352	1,352	1,341	1,341	1,341	1,341	1,341
Sal comum	0,480	0,480	0,480	0,480	0,480	0,481	0,481	0,481	0,481	0,481	0,482	0,482	0,482	0,482	0,482
Óleo de soja	2,584	2,588	2,596	2,591	2,590	1,614	1,621	1,620	1,618	1,616	1,436	1,432	1,444	1,440	1,438
Glúten farelo de milho - 60%	--	--	--	--	--	5,144	5,144	5,144	5,144	5,144	7,716	7,716	7,716	7,716	7,716
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	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
L-Lisina HCL	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080
Xantofilas amarelas	--	--	0,012	0,012	0,006	--	0,012	0,006	0,006	0,006	--	--	0,012	0,012	0,006
Xantofilas vermelhas	--	0,006	0,006	--	0,003	0,003	0,003	0,006	0,003	--	0,006	--	0,006	--	0,003
Composição calculada															
Energia metabolizável	Kcal/kg	2805,56	2805,560	2805,560	2805,560	2805,560	2805,560	2805,560	2805,560	2805,560	2805,560	2805,560	2805,560	2805,560	2805,560
Proteína bruta	%	15,280	15,280	15,280	15,280	15,280	16,880	16,880	16,880	16,880	16,880	18,290	18,290	18,290	18,290
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	%	0,590	0,590	0,590	0,590	0,590	0,540	0,540	0,540	0,540	0,540	0,540	0,540	0,540	0,540
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	%	0,340	0,340	0,340	0,340	0,340	0,350	0,350	0,350	0,360	0,360	0,350	0,350	0,350	0,350
Ácido linoleico	%	2,230	2,230	2,230	2,230	2,230	1,730	1,740	1,740	1,730	1,730	1,640	1,640	1,650	1,640
Lisina digestível	%	0,670	0,670	0,670	0,670	0,670	0,670	0,670	0,670	0,670	0,670	0,670	0,670	0,670	0,670
Metionina digestível	%	0,410	0,410	0,410	0,410	0,410	0,380	0,380	0,380	0,380	0,380	0,420	0,420	0,420	0,420
Metionina+cistina digestível	%	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,670	0,670	0,670	0,670	0,670
Triptofano digestível	%	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,170	0,170	0,170	0,170	0,170
Treonina digestível	%	0,490	0,490	0,490	0,490	0,490	0,530	0,530	0,530	0,530	0,580	0,580	0,580	0,580	0,580
Xantofilas amarelas do ingrediente	mg/ave/dia	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
Xantofilas naturais amarelas**	mg/ave/dia	0,000	0,000	0,500	0,500	0,250	0,000	0,500	0,250	0,250	0,000	0,000	0,500	0,500	0,250
Xantofilas sintéticas vermelhas***	mg/ave/dia	0,000	0,700	0,700	0,000	0,350	0,350	0,350	0,700	0,350	0,000	0,700	0,000	0,700	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. **Xantofilas naturais amarelas: Xamacol 40®; ***Xantofilas sintéticas vermelhas: Carophyll Red®

APÊNDICE D – Coeficientes de Regressão e P-valores dos atributos de cor *L* (luminosidade), *a* (vermelho), *b* (amarelo) e dos índices de cor determinadas pelo leque de cor da Roche (LCR) em gemas de ovos de galinhas poedeiras alimentadas com diferentes concentrações de pigmentos

Coeficientes	<i>L</i>		<i>a</i>		<i>b</i>		LCR	
	Estimativa	P-valor	Estimativa	P-valor	Estimativa	P-valor	Estimativa	P-valor
Intercepto	71,049245	<0,0001	0,286545	0,2641	35,040103	<0,0001	1,228225	<0,0001
Vermelho suplementar (V)	-22,537002	<0,0001	57,058106	<0,0001	-9,29089	<0,0001	31,906800	<0,0001
Amarelo total (A)	-4,962062	<0,0001	9,725461	<0,0001	23,210631	<0,0001	5,300941	<0,0001
Vermelho suplementar x vermelho suplementar (V ²)	11,460768	<0,0001	-31,843270	<0,0001	18,910423	<0,0001	-20,564129	<0,0001
Amarelo total x vermelho suplementar (AV)	2,470477	<0,0001	-7,633564	<0,0001	-8,986388	<0,0001	-5,245490	<0,0001
Amarelo total x amarelo total (A ²)	1,061623	<0,0001	-1,690685	<0,0001	-4,592738	<0,0001	-0,970019	<0,0001
CV (%)		4,07		17,40		7,49		10,83
R ² (%)		73,45		91,97		83,26		95,43

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

APÊNDICE E – Composição calculada dos ingredientes o custo das rações de milho e sorgo para galinhas poedeiras com diferentes concentrações de pigmentos, de acordo com a cor da gema

Consumo previsto (g)	COR 1			COR 2			COR 3			COR 4			COR 5			COR 6			COR 7		
	90	100	110	90	100	110	90	100	110	90	100	110	90	100	110	90	100	110	90	100	110
Ingredientes (g)	g/ave/dia																				
Milho (7,88%)	10,994	0,000	0,000	10,994	0,000	0,000	10,994	0,000	0,000	10,994	0,000	0,000	10,998	0,000	0,000	11,006	0,000	0,000	11,015	0,000	0,000
Milho Far. Glúten (60%)	2,311	0,000	0,000	2,311	0,000	0,000	2,311	0,000	0,000	2,311	0,000	0,000	2,311	0,000	0,000	2,311	0,000	0,000	2,311	0,000	0,000
Óleo de Soja	8,050	2,661	0,535	8,050	2,661	0,535	8,050	2,661	0,535	8,050	2,661	0,535	8,050	2,662	0,535	8,050	2,662	0,535	8,050	2,662	0,535
Soja Farelo (45%)	23,438	22,583	21,202	23,438	22,583	21,202	23,438	22,584	21,202	23,438	22,584	21,202	23,438	22,584	21,202	23,439	22,584	21,202	23,439	22,584	21,202
Fosfato Bicálcico	0,225	0,139	0,126	0,225	0,139	0,126	0,225	0,139	0,126	0,225	0,139	0,126	0,225	0,139	0,126	0,225	0,139	0,126	0,225	0,139	0,126
Sal Comum	0,429	0,419	0,417	0,429	0,419	0,417	0,429	0,419	0,417	0,429	0,419	0,417	0,429	0,419	0,417	0,429	0,419	0,417	0,429	0,419	0,417
L-Lisina HCl	0,000	0,000	0,019	0,000	0,000	0,019	0,000	0,000	0,019	0,000	0,000	0,019	0,000	0,000	0,019	0,000	0,000	0,019	0,000	0,000	0,019
Premix Minerais	0,124	0,138	0,142	0,124	0,138	0,142	0,124	0,138	0,142	0,124	0,138	0,142	0,124	0,138	0,142	0,124	0,138	0,142	0,124	0,138	0,142
Premix Vitaminas	0,244	0,271	0,280	0,244	0,271	0,280	0,244	0,271	0,280	0,244	0,271	0,280	0,244	0,271	0,280	0,244	0,271	0,280	0,244	0,271	0,280
DL-Metionina	0,155	0,171	0,169	0,155	0,171	0,169	0,155	0,171	0,169	0,155	0,171	0,169	0,155	0,171	0,169	0,155	0,171	0,169	0,155	0,171	0,169
Calcário Calcítico	9,844	9,887	9,899	9,844	9,887	9,899	9,844	9,887	9,899	9,844	9,887	9,899	9,844	9,887	9,899	9,844	9,887	9,899	9,844	9,887	9,899
Xantofilas amarelas (4%) **	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Xantofilas vermelhas (10%) ***	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002
Fitase (Quantum 5000)	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
Sorgo Baixo Tanino	34,176	63,718	70,499	34,176	63,718	70,499	34,176	63,718	70,499	34,176	63,717	70,499	34,172	63,716	70,499	34,163	63,716	70,499	34,153	63,715	70,499
Nutrientes																					
Xantofilas amarelas do ingrediente (mg)	0,707	0,173	0,183	0,707	0,173	0,183	0,707	0,173	0,183	0,707	0,173	0,183	0,707	0,173	0,183	0,707	0,173	0,183	0,707	0,173	0,183
Xantofilas sintéticas amarelas** (mg)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Xantofilas sintéticas vermelhas*** (mg)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,029	0,027	0,000	0,064	0,062	0,018	0,100	0,098	0,056	0,138	0,136	0,096	0,179	0,177
Parâmetros calculados																					
Custo/1000aves/dia (R\$)	110,69	91,67	85,74	110,69	91,67	85,74	110,69	91,76	85,83	110,69	91,87	85,94	110,74	91,98	86,05	110,86	92,10	86,17	110,98	92,23	86,29
Cor fornecida por cálculo	4,49	2,11	2,17	4,49	2,11	2,17	4,49	3,00	3,00	4,49	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	7,00	7,00	7,00
Consumo calculado	90,00	100,00	103,30	90,00	100,00	103,30	90,00	100,00	103,30	90,00	100,00	103,30	90,00	100,00	103,30	90,00	100,00	103,30	90,00	100,00	103,30
Consumo previsto (g)	g/ave/dia																				
Ingredientes (g)	g/ave/dia																				
Milho (7,88%)	11,024	0,000	0,000	11,035	0,000	0,000	11,046	0,000	0,000	11,059	0,000	0,000	11,074	0,000	0,000	11,093	0,000	0,000	11,126	0,000	0,000
Milho Far. Glúten (60%)	2,311	0,000	0,000	2,311	0,000	0,000	2,311	0,000	0,000	2,311	0,000	0,000	2,311	0,000	0,000	2,311	0,364	0,000	2,311	1,496	0,000
Óleo de Soja	8,050	2,662	0,535	8,050	2,663	0,535	8,050	2,663	0,535	8,050	2,664	0,535	8,050	2,664	0,535	8,050	2,549	0,535	8,050	2,168	0,535
Soja Farelo (45%)	23,439	22,584	21,202	23,440	22,584	21,202	23,440	22,585	21,202	23,441	22,585	21,202	23,442	22,585	21,202	23,442	22,039	21,202	23,444	20,223	21,202
Fosfato Bicálcico	0,225	0,139	0,126	0,225	0,139	0,126	0,225	0,139	0,126	0,225	0,139	0,126	0,225	0,139	0,126	0,225	0,143	0,126	0,225	0,157	0,126
Sal Comum	0,429	0,419	0,417	0,429	0,419	0,417	0,429	0,419	0,417	0,429	0,419	0,417	0,429	0,419	0,417	0,429	0,419	0,417	0,429	0,419	0,417
L-Lisina HCl	0,000	0,000	0,019	0,000	0,000	0,019	0,000	0,000	0,019	0,000	0,000	0,019	0,000	0,000	0,019	0,000	0,000	0,019	0,000	0,047	0,019
Premix Minerais	0,124	0,138	0,142	0,124	0,138	0,142	0,124	0,138	0,142	0,124	0,138	0,142	0,124	0,138	0,142	0,124	0,138	0,142	0,124	0,138	0,142
Premix Vitaminas	0,244	0,271	0,280	0,244	0,271	0,280	0,244	0,271	0,280	0,244	0,271	0,280	0,244	0,271	0,280	0,244	0,271	0,280	0,244	0,271	0,280
DL-Metionina	0,155	0,171	0,169	0,155	0,171	0,169	0,155	0,171	0,169	0,155	0,171	0,169	0,155	0,171	0,169	0,155	0,169	0,169	0,155	0,161	0,169
Calcário Calcítico	9,844	9,887	9,899	9,844	9,887	9,899	9,844	9,887	9,899	9,844	9,887	9,899	9,844	9,887	9,899	9,844	9,888	9,899	9,844	9,889	9,899
Pigmento amarelo (4%)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pigmento vermelho (10%)	0,001	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,002	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005	0,004	0,005	0,006	0,006	0,007	0,007
Fitase (Quantum 5000)	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
Sorgo Baixo Tanino	34,143	63,714	70,499	34,131	63,713	70,499	34,119	63,712	70,499	34,105	63,710	70,499	34,089	63,709	70,499	34,068	64,004	70,499	34,032	65,015	70,499
Nutrientes																					
Xantofilas amarelas do ingrediente (mg)	0,708	0,173	0,183	0,708	0,173	0,183	0,708	0,173	0,183	0,708	0,173	0,183	0,708	0,173	0,183	0,708	0,238	0,183	0,709	0,440	0,183
Xantofilas sintéticas amarelas** (mg)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,248
Xantofilas sintéticas vermelhas*** (mg)	0,138	0,223	0,221	0,185	0,271	0,269	0,236	0,324	0,322	0,294	0,385	0,383	0,362	0,458	0,456	0,448	0,541	0,554	0,598	0,686	0,691
Parâmetros calculados																					
Custo/1000aves/dia (R\$)	111,12	92,37	86,43	111,26	92,51	86,58	111,42	92,68	86,74	111,60	92,87	86,93	111,81	93,10	87,15	112,08	93,40	87,46	112,55	94,24	88,41
Cor fornecida por cálculo	8,00	8,00	8,00	9,00	9,00	9,00	10,00	10,00	10,00	11,00	11,00	11,00	12,00	12,00	12,00	13,00	13,00	13,00	14,00	14,00	14,00
Consumo calculado	90,00	100,00	103,30	90,00	100,00	103,30	90,00	100,00	103,30	90,00	100,00	103,30	90,00	100,00	103,30	90,00	100,00	103,30	90,00	100,00	103,30

*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. **Xantofilas naturais amarelas: Xamacol 40®; ***Xantofilas sintéticas vermelhas: Carophyll Red®