

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO

ADOLPHO MARLON ANTONIOL DE MOURA

**UTILIZAÇÃO DO SORGO, DE PIGMENTANTES SINTÉTICOS E DE
SELÊNIO ORGÂNICO EM RAÇÕES PARA CODORNAS JAPONESAS
(*Coturnix japonica*) EM POSTURA**

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

ADOLPHO MARLON ANTONIOL DE MOURA

**UTILIZAÇÃO DO SORGO, DE PIGMENTANTES SINTÉTICOS E DE SELÊNIO
ORGÂNICO EM RAÇÕES PARA CODORNAS JAPONESAS
(*Coturnix japonica*) EM POSTURA**

Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Produção Animal, na área de concentração Nutrição e Produção Animal.

Orientador: Prof^o José Brandão Fonseca

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

2008

ADOLPHO MARLON ANTONIOL DE MOURA

**UTILIZAÇÃO DO SORGO, DE PIGMENTANTES SINTÉTICOS E DE SELÊNIO
ORGÂNICO EM RAÇÕES PARA CODORNAS JAPONESAS
(*Coturnix japonica*) EM POSTURA**

Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Produção Animal, na área de concentração Nutrição e Produção Animal.

Aprovada em 12 de Maio de 2008.

Banca Examinadora

Prof. Luíz Fernando Teixeira Albino (D.Sc., Zootecnia) – UFV

Prof. Carlos Bôa-Viagem Rabello (D.Sc., Zootecnia) – UFRPE

Prof. Humberto Pena Couto (D.Sc., Zootecnia) – UENF

Prof^ª. Rita da Trindade Ribeiro Nobre Soares (D.Sc., Zootecnia) – UENF

Prof. José Brandão Fonseca (PhD., Zootecnia) – UENF

Orientador

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Marcos e Helena, pelo amor incondicional;

À minha amada esposa Michelle, por você existir;

Aos irmãos queridos, Keke e Mila;

Ao eterno amigo Tio Manoel, meu grande incentivador;

Aos amigos Murillo e Tânia, pelo carinho da acolhida;

Ao primo Marcelo, pela amizade e conselhos;

À família Antoniol, pelos momentos;

Aos filhos amados, que ainda virão;

Aos amigos, que nunca me faltaram;

Ao meu orientador José Brandão, pela confiança e oportunidade;

Aos espíritos de Luz, que até aqui me guiaram;

Aos animais, meu respeito.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, por disponibilizar a sociedade um curso de pós-graduação de excelência;

Ao Prof.^o José Brandão Fonseca, pela orientação acadêmica, incentivo, por acreditar neste trabalho, mas principalmente, pela confiança em mim depositada;

Ao Prof.^o Carlos Bôa-Viagem do Departamento de Zootecnia da UFRPE, por ter viabilizado a execução dos experimentos;

À Médica Veterinária Fátima Naomi Takata, minha gratidão pelo imensurável apoio e viabilização das parcerias em todos os experimentos;

Ao amigo zootecnista Dr. Newton Escocard Oliveira, pelo constante apoio, sugestões e auxílio nas análises estatísticas;

Ao Prof.^o Humberto Pena Couto, pelos conselhos, incentivo e motivação;

Ao zootecnista do Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal, Cláudio Teixeira Lombardi, pela realização das análises bromatológicas neste estudo;

A Granja Fujikura, nas pessoas do Sr. Willian e Sr^a. Mariana, pela doação das codorninhas utilizadas neste estudo, e pelo incentivo à coturnicultura brasileira;

A Alltech do Brasil, pela doação do selênio orgânico (selplex) e por viabilizar financeiramente esta pesquisa;

A DSM América Latina, pela doação dos pigmentantes sintéticos;

A Corns Products, pela doação do farelo de glúten de milho 60 (protenose);

A Purina, pela doação do suplemento mineral e vitamínico Puramix codorna;

Aos estagiários e futuros zootecnistas, Priscila Antão dos Santos, Guilherme Rodrigues, Almir Silva e Cláudia Lopes e tantos outros companheiros, que incansavelmente disponibilizaram-se a participar deste projeto, em agradecimento à dedicação de todos;

Ao amigo e técnico de manejo Sr. Severino (Biu), pela dedicação e carinho dispensados ao projeto, sem o qual seria impossível obter tamanho êxito;

À acadêmica de economia doméstica, Quésia Jemima da Silva pela realização das incontáveis análises cromáticas das gemas;

Às Prof.^a Vera Arroxelas e Enayde Melo, do Departamento de Ciências Domésticas/UFRPE, por viabilizarem as análises cromáticas e sensoriais;

Aos colegas do Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães/CPqAM/Fiocruz, Jorge Ricardo, Elizabeth Malagueño, José Ricardo e Maria Fernandes pelo apoio na rotina profissional do CPqAM durante a realização dos ensaios de campo;

Ao Prof.º Ricardo Augusto Vieira, pelo companheirismo, amizade e brilhantismo que tanto enaltece a ciência;

À Profª. Rita Nobre Soares, pela orientação inicial no curso de mestrado;

À minha amada esposa Michelle Quintanilha (Milica), pela coragem, apoio, paciência, compreensão, carinho e incentivo, fundamentais para meu equilíbrio;

Aos meus pais Marcos e Helena, que viabilizaram minha formação moral e acadêmica, realizando-se com meus sonhos;

Aos meus amados irmãos Keke e Mila, pelo carinho e apoio;

Ao saudoso amigo Tio Manoel Antoniol, grande incentivador da minha vida;

Aos tios queridos e primos queridos: Márcia, Graça, Jujú, Sueli, Nenete, Paulo, Chico, Dora, Zé Amauri, Célio e Célia. Mariana, Aldo, Moacir Jr., Guiné, Juliano, Alinne, Lívia, Tony, Natália, Juliana, Dalila, Beto, Eliane, Bete, Melina, Vitória, em especial ao Marcelo (Quinha) e Daniel (Banis), pelo incentivo e carinho;

Aos meus iluminados amigos Murillo Costa e Tânia Quintanilha Costa, pelo apoio, acolhida e por iluminarem meus caminhos;

Aos grandes amigos de períodos menos prósperos, porém não menos felizes: Hugo Marques, Sidines, Tonhão, Ricardo (Carranca), Tiago (Batata), Marco Anchieta (Anú), pela amizade verdadeira;

Aos amigos e companheiros do Clube da Leitoa com os quais vivi momentos inesquecíveis: Fábio Lista, Julien Chiquieri, Felipe “Timóteo” Domingues, Fernando Ferolla, Thiago Vasconcelos (Tigrão), Pedro Pierro, Víctor Libardo, Arthur, Saulo, Vitor, Leonardo Dobbs, Bruno Deminicis (Pelanca), Alberto Chambela (Pois é!), Fábio (Forró), Cláudio Lombardi e João Gomes...“Companheiro é companheiro”...!!!

À inesquecível Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, onde a semente de um sonho foi plantada no início do curso de graduação em 1997;

À sociedade brasileira, que sem seus impostos, a universidade pública, gratuita e de qualidade, seria uma incerteza.

EPÍGRAFE

"Nunca andes pelo caminho traçado, pois ele conduz somente onde outros já foram."

(Graham Bell)

"A descoberta consiste em ver o que todo mundo viu e pensar o que ninguém pensou."

(A. Szent-Gyorgyi)

"O especialista é um homem que sabe cada vez mais sobre cada vez menos, e por fim acaba sabendo tudo sobre nada."

(George Bernard Shaw)

RESUMO

Com o objetivo de estudar a utilização do sorgo granífero (IPA 1011) dos pigmentantes sintéticos amarelo (apo-éster 10%) e vermelho (cantaxantina 10%) e do selênio orgânico (selenometionina) na alimentação de codornas japonesas em postura, foram conduzidos quatro experimentos consecutivos. Foram utilizadas codornas japonesas (*Coturnix japonica*). Os experimentos foram conduzidos no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco de Agosto de 2007 a Fevereiro de 2008. No experimento 1, determinou-se a energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) do milho, sorgo, farelo de soja, farelo de glúten de milho 60 e do óleo de soja refinado. Os valores de EMA e EMAn (kcal/kg de ração) foram, respectivamente: 3.612 e 3.572 (milho); 3.149 e 3.108 (sorgo); 2.676 e 2.633 (farelo de soja); 4.096 e 4.043 (farelo de glúten de milho); 9.379 e 9.335 (óleo de soja refinado). No experimento 2, foi avaliado o efeito da substituição do milho pelo sorgo (T1: 0%; T2: 25%; T3: 50%; T4: 75% e T5: 100%), sobre o desempenho e qualidade do ovo de codornas japonesas durante 112 dias. Foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e seis repetições contendo sete aves. Não houve efeito significativo ($P>0,05$) dos níveis de sorgo sobre o desempenho e a qualidade dos ovos, com exceção para a cor da gema. Além disso, a inclusão do sorgo reduziu o custo das rações. Concluiu-se que a substituição total do milho pelo sorgo é nutricional e economicamente viável para codornas japonesas. O experimento 3 foi conduzido para avaliar o efeito da inclusão dos pigmentantes sintéticos apo-éster e cantaxantina e do selênio orgânico sobre o desempenho e qualidade dos ovos de codornas japonesas. Não houve efeito significativo dos aditivos sobre o desempenho e qualidade dos ovos das codornas. Concluiu-se que a suplementação com os aditivos melhora a pigmentação das gemas, porém, eleva consideravelmente o custo das rações, não sendo recomendada sua utilização. Objetivou-se com o experimento 4, avaliar as características sensoriais dos ovos de codornas alimentadas com rações a base sorgo e suplementadas com pigmentantes sintéticos e selênio orgânico. Um grupo de 30 painelistas não-treinados avaliou a cor e o sabor dos ovos. Concluíram que a utilização de pigmentantes sintéticos, melhora a cor da gema e que a associação, destes, com o selênio orgânico altera o sabor dos ovos.

Palavras-chave: codorna japonesa; pigmentantes; qualidade do ovo; selênio; sorgo.

*GRAIN SORGHUM, SYNTHÉTIC PIGMENTS AND ORGANIC SELENIUM IN
FEEDING OF LAYING JAPANESE QUAIL (COTURNIX JAPONICA)*

ABSTRACT

Four experiments were run to study the utilization of grain sorghum (IPA 1011), synthetic yellow (apo-ester 10%) and red (canthaxanthin 10%) pigments and organic selenium (selenomethionine) in the diets of japanese quail layers (*Coturnix japonica*). The experiments were run from august 2007 thru february 2008, in the Animal Science Department of the Federal Rural of Pernambuco University.

In experiment 1 it was determined the apparent metabolizable energy (EMA) and the apparent metabolizable nitrogen corrected energy (EMAn) of corn, sorghum, soybean meal, corn gluten meal 60 and refined soybean oil. The data on EMA and EMAn (kcal/kg of food) were respectively 3612 and 3572 (corn); 3149 and 3108 (sorghum); 2676 and 2633 (soybean meal); 4096 and 4043 (corn gluten meal (9379) and 9335 (refined soybean oil). In experiment 2 it was evaluated the effect of replacement of corn by sorghum (T1: 0%; T2: 25%; T3: 50%; T4: 75% and T5: 100%) on performance and egg quality of japanese quail in a 112 days period. The birds were distributed in a completely randomized experimental design with five treatments and six replicates with seven birds each. There was no significant effect ($P > 0.05$) of sorghum levels on performance and egg quality, with exception of yolk color. The inclusion of sorghum reduced the cost of feed. It was concluded that total replacement of corn by sorghum is nutritionally and economically viable for Japanese quails. Experiment 3 was run to evaluate the effect of the addition of synthetic pigments apo-ester and canthaxanthin and organic selenium on Japanese quails performance and egg quality. There was no significant effects of these additives on quail performance and egg quality. It was concluded that the supplementation with the additives improves egg yolk pigmentation, however, it considerably increases feed cost and is not recommended. In experiment 4 the objective was to evaluate the sensory characteristics of the eggs of Japanese quails fed sorghum diets supplemented with synthetic pigments and organic selenium. A group of 30 non-trained judges evaluated egg color and taste. They concluded that the utilization of synthetic pigments improves egg yolk color and the mixture of these pigments and organic selenium affects egg taste.

Keywords: egg quality; japanese quail; pigmentants; selenium; sorghum.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	Pág.
FIGURA 1	Evolução da produção de sorgo no Brasil entre os anos de 1991-2005..... 22
FIGURA 2	Consumo de sorgo granífero pelos principais seguimentos da produção animal em 2007..... 23
FIGURA 3	Ilustração do <i>hue</i> no diagrama cromático..... 30
FIGURA 4	Ilustração do <i>croma</i> no diagrama cromático de Hunter..... 31
FIGURA 5	Ilustração da <i>luminosidade</i> no diagrama cromático..... 31
FIGURA 6	Diagrama cromático de Hunter..... 32
FIGURA 7	Constituição física dos pigmentantes sintéticos..... 35
FIGURA 8	Fórmula estrutural e microscópica do β -caroteno..... 36
FIGURA 9	Fórmula estrutural e microscópica da cantaxantina..... 36
FIGURA 10	Fórmula estrutural e microscópica do β -Apo-8'-ácido carotenóico etil éster..... 37
FIGURA 11	Eficiência da deposição de diferentes fontes de pigmentos na gema dos ovos..... 38
FIGURA 12	Escore colorimétrico DSM da gemas dos ovos de codornas japonesas de acordo com o nível de sorgo na ração..... 75
FIGURA 13	Valores da coordenada b^* registradas pelo colorímetro Minolta na gemas dos ovos de codornas japonesas de acordo o nível de sorgo na ração..... 75
FIGURA 14	Cor das gemas dos ovos de codornas japonesas observadas de acordo com o nível de sorgo na ração..... 76
FIGURA 15	Escore colorimétrico das gemas dos ovos das aves que receberam ração à base de sorgo em função do período experimental..... 99
FIGURA 16	Escore colorimétrico das gemas dos ovos das aves que receberam ração à base de sorgo + selênio orgânico em função do período experimental..... 99
FIGURA 17	Escore colorimétrico das gemas dos ovos das aves que receberam ração à base de sorgo + apo-éster + cantaxantina em função do período experimental..... 100

FIGURA 18	Escore colorimétrico das gemas dos ovos das aves que receberam ração à base de sorgo + apo-éster 10% + cantaxantina 10% + selênio orgânico em função do período experimental.....	101
FIGURA 19	Valores de a^* em função dos períodos experimentais.....	106
FIGURA 20	Valores de b^* em função dos períodos experimentais.....	107
FIGURA 21	Cabine de análise sensorial com amostras e ficha de avaliação	119

LISTA DE TABELAS

	Pág.	
TABELA 1	Valores de energia metabolizável aparente (EMA) e metabolizável aparente corrigida por retenção de nitrogênio (EMAn) de alimentos determinados em codornas japonesas por diversos autores (expressos na matéria natural).....	20
TABELA 2	Principais características da cultivar de sorgo IPA 1011.....	24
TABELA 3	Composição bromatológica do milho e do sorgo de baixo e alto tanino (na matéria natural).....	25
TABELA 4	Conteúdo de aminoácidos do milho e do sorgo (% na matéria natural).....	26
TABELA 5	Efeito da substituição do milho pelo sorgo em rações para poedeiras de acordo com resultados de vários autores.....	29
TABELA 6	Afinidade de diferentes carotenóides pela gema de ovos, pele e tarsos de frangos de corte.....	39
TABELA 7	Composição percentual da ração referência e valor nutricional calculado.....	57
TABELA 8	Valores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) dos alimentos utilizados nas rações.....	59
TABELA 9	Valores médios e desvios padrão de energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida por retenção de nitrogênio (EMAn) e coeficiente de metabolização aparente da energia bruta (CMAEB) dos alimentos testados em codornas japonesas.....	60
TABELA 10	Composição percentual e calculada das rações experimentais de acordo com o nível de inclusão do sorgo.....	69
TABELA 11	Médias das variáveis de desempenho de codornas japonesas em postura de acordo com o nível de sorgo na ração.....	72
TABELA 12	Médias das variáveis da qualidade do ovo de codornas japonesas de acordo com o nível de sorgo na ração.....	74
TABELA 13	Composição percentual e bromatológica das rações experimentais.....	86

TABELA 14	Médias e desvios padrão ¹ das variáveis de desempenho de codornas japonesas e comparação entre as médias dos contrastes ortogonais com a respectiva significância.....	92
TABELA 15	Médias e desvios padrão ¹ dos constituintes do ovo de codornas japonesas e comparação entre as médias dos contrastes ortogonais com a respectiva significância de acordo com o tratamento.....	93
TABELA 16	Médias e desvios padrão ¹ das variáveis de qualidade do ovo de codornas japonesas e comparação entre as médias dos contrastes ortogonais com a respectiva significância de acordo com o tratamento.....	94
TABELA 17	Médias e desvios padrão ¹ e significância dos contrastes ortogonais do escore colorimétrico DSM da gema dos ovos de codornas japonesas, no período de 7 a 28 dias após o uso das rações experimentais.....	96
TABELA 18	Equações de regressão estimadas para o parâmetro escore colorimétrico DSM, em função dos períodos experimentais.....	98
TABELA 19	Médias e desvios padrão ¹ dos parâmetros a^* e b^* da gema de ovos de codornas japonesas, após o uso das rações experimentais, e significância dos contrastes ortogonais.....	103
TABELA 20	Médias e desvios padrão ¹ dos parâmetros a^* e b^* das gemas dos ovos de codornas japonesas em função dos períodos experimentais.....	105
TABELA 21	Composição percentual e nutricional calculada para codornas japonesas em postura.....	117
TABELA 22	Modelo de ficha utilizado para análise sensorial de ovos de codornas.....	120
TABELA 23	Padrão de respostas dos painelistas de acordo com o sabor dos ovos em comparação com o padrão.....	121
TABELA 24	Média do Grau de Diferença do atributo sabor dos ovos de codornas japonesas alimentadas com rações contendo diferentes pigmentantes sintéticos.....	122

TABELA 25	Valores médios de cor de gema determinado pós-cocção ¹ e padrão de respostas dos painelistas de acordo com a cor das gemas em comparação com o padrão.....	122
TABELA 26	Média de Grau de Diferença da cor da gema dos ovos de codornas alimentadas com ração contendo diferentes pigmentantes.....	123

SUMÁRIO

	Pág.
1. INTRODUÇÃO.....	15
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1. Energia metabolizável de alimentos para codornas japonesas.....	17
2.2. O Sorgo.....	21
2.2.1. Características da cultura.....	21
2.2.2. Aspectos nutricionais do sorgo.....	24
2.3. Pigmentação.....	29
2.3.1. Teoria da cor e métodos utilizados para avaliar a cor da gema	29
2.3.2. Os pigmentantes.....	33
2.4. Selênio na alimentação das aves.....	41
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
4. EXPERIMENTOS.....	52
4.1. <i>Experimento 1</i> - DETERMINAÇÃO DA ENERGIA METABOLIZÁVEL DE ALIMENTOS PARA CODORNAS JAPONESAS EM POSTURA (<i>Coturnix japonica</i>).....	53
4.2. <i>Experimento 2</i> - DESEMPENHO DE CODORNAS JAPONESAS (<i>Coturnix japonica</i>) EM POSTURA ALIMENTADAS COM RAÇÕES CONTENDO DIFERENTES NÍVEIS DE SORGO.....	64
4.3. <i>Experimento 3</i> - EFEITO DE PIGMENTANTES SINTÉTICOS E DO SELÊNIO ORGÂNICO SOBRE O DESEMPENHO E QUALIDADE DE OVOS DE CODORNAS JAPONESAS.....	81
4.4. <i>Experimento 4</i> - EFEITO DOS PIGMENTANTES SINTÉTICOS SOBRE AS CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS DE OVOS DE CODORNAS JAPONESAS.....	113
5. CONCLUSÕES GERAIS.....	126
6. APÊNDICES.....	127

1. INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira alcançou, nos últimos 30 anos, níveis de produtividade que a colocam como uma das mais competitivas do mundo. O Estado do Rio de Janeiro foi um grande produtor de matrizes de frangos de corte e de poedeiras entre as décadas de 60 e 70. Até então, as rações eram formuladas basicamente com farinha de peixe e farelo de trigo, insumos facilmente encontrados no Estado a preços tabelados pelo governo.

O avanço nos estudos de nutrição animal possibilitou a indústria formular rações com maior número de alimentos, utilizando o milho e a soja, como principais fontes de energia e de proteína, respectivamente. O Estado do Rio de Janeiro, por sua vez, não acompanhou a modernização da avicultura e passou da condição de produtor, a grande consumidor de frango e de ovos.

A coturnicultura (criação de codornas) aparece com uma atividade avícola com grande progresso ao longo dos anos e tem recebido investimentos por parte das grandes empresas avícolas (MOURA et al., 2008).

Dados do IBGE (INSTITUTO..., 2008) indicam crescimento anual da ordem de 10% no efetivo cadastro de codornas, com 6.837.767 aves alojadas e aumento de 13% ao ano no número de ovos produzidos (117.637.576 ovos) entre os anos de 2004-2005.

Segundo essa fonte, os maiores aumentos no efetivo desses animais foram registrados em Pernambuco (26,4%) e Espírito Santo (15,8%) e a maior queda na Paraíba (-30,6%). Os estados de São Paulo (36,8%) e Espírito Santo (10,0%) apresentam os maiores efetivos de codornas com 36,8 e 10% do rebanho nacional, respectivamente.

Esta atividade desponta como uma excelente opção de produção de proteína animal de alto valor biológico e geração de renda. Entretanto, as pesquisas com esse modelo animal são insipientes, quando comparado com galinhas poedeiras e frangos de corte. Além disso, a seleção de linhagens de alta produção ainda está em fase inicial. O principal desafio que os produtores de codornas enfrentam é a disponibilidade de insumos em quantidade, qualidade e preços satisfatórios, que permitam uma produção para o mercado interno e, também, competir no mercado externo.

Em situações de pouca disponibilidade de milho no mercado, a melhor alternativa é buscar insumos que possam substituí-lo em parte, ou até totalmente, sem comprometer o desempenho animal. Dentre as possibilidades para substituição do milho, destaca-se o sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench), um cereal com perfil nutricional homólogo ao do milho e que promove formulações com custos equivalentes ou significativamente reduzidos (MUSTAFA, 1993).

Atualmente, existe no mercado inúmeras cultivares de sorgo com reduzido teor de tanino, fator este, co-responsável pela não popularização da cultura dentre os avicultores, principalmente, os de postura. Outro fator negativo é que no caso específico do sorgo, altas relações de substituição promovem a redução na pigmentação da gema, devido à sua deficiência em carotenóides xantofílicos. Sendo necessária a inclusão de fontes adicionais de pigmentantes (SILVA et al., 2000).

A região de Campos dos Goytacazes (RJ) apresenta condições similares a região nordeste do país, pois, ao longo do ano caracteriza-se pela baixa pluviosidade, solo arenoso e elevadas temperaturas. Além disso, possui aproximadamente 160 mil hectares de solo cultivável, credenciando-a como ponto estratégico para produção de grãos no Estado do Rio de Janeiro.

A produção do sorgo granífero está em expansão em plantios na chamada safrinha, e atualmente representa um volume de cinco milhões de toneladas ao ano. Isso ocorre principalmente no Centro-Oeste, que é responsável por 82% da produção nacional. O nordeste do Brasil é apontado como opção potencial para o sorgo e tem mostrado oscilações expressivas em área plantada, com considerável produtividade, e atualmente contribui com 12% da produção. O Sul do país participa com 4% e o Norte com 2% da produção (RIBAS, 2003).

O mercado de grãos apresenta-se em constante oscilação, sendo que a mudança de preços não permite que os produtores tenham garantias e possam planejar as produções futuras, investir em novas tecnologias e promover a manutenção das instalações da granja.

Poucos trabalhos foram conduzidos para testar a viabilidade da utilização do sorgo como substituto do milho para codornas japonesas (*Coturnix japonica*) em postura, assim como do uso de pigmentantes sintéticos para manutenção da cor da gema. Desta forma, justifica-se o presente estudo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Energia metabolizável de alimentos para codornas japonesas

A energia é produzida como calor e usada nos processos metabólicos dos animais a partir da oxidação das moléculas orgânicas. Essa energia é liberada da oxidação dos alimentos, assim como a oriunda do metabolismo energético como calor produzido, é expressa em caloria ou joule.

SAKOMURA e ROSTAGNO (2007) baseados no conceito básico da termodinâmica, citam que uma caloria é definida como a quantidade de calor necessária para elevar um grama de água de 14,5 a 15,5 °C, um joule equivale a 0,239 cal, ou seja, uma caloria é igual a 4,18 joules. Dentre os constituintes dos alimentos, os carboidratos, os lipídeos, as proteínas (aminoácidos) e parte da fibra são fornecedores de energia para o organismo animal. No entanto, nem toda energia produzida pela oxidação dos nutrientes pode ser aproveitada pelos animais.

A energia bruta (EB) é determinada em bomba calorimétrica através da oxidação total da matéria orgânica na presença de alta pressão de oxigênio (25 ATMs), onde é medida a produção de calor liberado. Os carboidratos fornecem 3,7 kcal/g (glicose) e 4,2 kcal/g (amido); as proteínas 5,6 kcal/g e as gorduras 9,4 kcal/g de EB, respectivamente (NUTRIENT..., 1998).

A energia metabolizável (EM) é denominada aparente porque ocorre interferência de elementos que não são oriundos do alimento ingerido, como escoriações de células da mucosa intestinal, bÍlis, fluidos digestivos e produtos do catabolismo dos tecidos, e que conseqüentemente subestimam no computo do cálculo da energia metabolizável aparente (EMA).

Quando se retira do valor energético da excreta a energia das secreções metabólicas fecais e endógenas urinárias, que não são provenientes do alimento ingerido tem-se a energia metabolizável verdadeira (EMV).

Para reduzir a variação entre estes valores, tem se recomendado corrigir os valores de EMA pelo balanço de nitrogênio (retenção e excreção), pois o nitrogênio participa, juntamente com outros elementos, no atendimento das exigências de manutenção, prioritárias no metabolismo animal (SIBBALD, 1980). A correção da EMA

pela retenção de nitrogênio permite maior precisão nas formulações de rações para aves.

A energia metabolizável verdadeira é obtida pela diferença entre a EB do alimento consumido e a energia bruta da excreta (fezes e urina), corrigida pelas perdas de energia fecal metabólica e urinária endógena.

A energia líquida (EL) é a energia que o animal utiliza para a manutenção (ELm) e produção (ELp) de ganho de peso, de ovo ou de leite. Ela é obtida da EM menos a energia perdida como incremento calórico (IC). O incremento calórico é um termo prático para juntar várias formas de perda de calor que até hoje não são adequadamente compreendidas e não podem ser individualmente determinadas experimentalmente (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007).

O IC, de uma forma geral, representa toda perda de energia durante os processos de digestão, absorção e metabolismo dos nutrientes. A energia do IC não é usada para os processos produtivos, mas pode ser utilizada para manter a temperatura corporal em condições de baixa temperatura ambiente (FERREIRA, 2005).

Vários métodos têm sido utilizados para determinar a composição e o conteúdo energético dos alimentos. Por meio do método de coleta total de excretas, foram determinados e tabelados os valores de energia metabolizável aparente corrigida por retenção de nitrogênio (EMAn) de diversos alimentos usados em rações de aves, utilizando-se aves de diferentes categorias.

Os valores de EMAn do milho, farelo de soja (45 % de proteína bruta) e óleo de soja foram, respectivamente, de 3.371 , 2.266 e 8.790 kcal por kg de matéria natural (ROSTAGNO et al., 2005).

Especificamente em relação a estudos e ensaios envolvendo a codorna japonesa, tem sido freqüente o uso de valores de EM de alimentos testados em ensaios de metabolismo com galos e frangos de corte, o que pode comprometer o desempenho produtivo das codornas.

Deve-se considerar, durante a formulação de rações, a influência conjunta de fatores nutricionais, como, o valor nutritivo de um alimento, expresso pela composição bromatológica e digestibilidade dos seus nutrientes e de outros fatores, tais como, a estrutura física da ração, idade, sexo, entre outros.

Como exemplo das peculiaridades apresentadas, pode-se citar observações feitas por ANGULO et al. (1993), que verificaram que codornas japonesas, de ambos

os sexos, alimentadas com rações peletizadas contendo 3.200 kcal de EM por kg de ração foram mais eficientes no uso da energia (maior ganho de peso, menor consumo de ração, melhor conversão alimentar) do que codornas alimentadas com rações fareladas contendo 3.000 kcal de EM por kg de ração, nos períodos de 1 a 14, 14 a 33 e 1 a 33 dias de idade.

Em relação ao efeito de idade, FARRELL et al. (1982) observaram que codornas japonesas de ambos os sexos consumiram diariamente 57,0, 46,8 e 46,7 kcal de EM por kg de peso corporal (PC) entre o 12° e 15°, 19° e 22° e 26° e 29° dias de idade, respectivamente. Estes resultados mostraram que as codornas apresentaram eficiência alimentar constante a partir do 19° ao 22° dias, pois o consumo de EM e o ganho de peso em gramas por kg de PC diminuíram do 12° ao 15° para o 19° ao 22° dias de idade, mas mantiveram-se sem variações desse período em diante.

De acordo com as tabelas brasileiras para aves e suínos (ROSTAGNO et al., 2005), os valores de EMAn e de EMVn do milho em grão, farelo de soja (45 % de proteína bruta), sorgo baixo tanino e óleo de soja são, respectivamente, de 3.371 e 3.450, 2.266 e 2.495, 3.192 e 3.738 e 8.790 e 9.200 kcal por kg de matéria natural. Esses valores têm sido freqüentemente usados em formulações de rações para codornas, mas foram obtidos utilizando-se galos, galinhas poedeiras e pintos.

O uso de valores de EM de alimentos testados com outras espécies e extrapolados para a formulação de rações para codornas pode superestimar ou subestimar o conteúdo real de EM das rações. Assim, as diversas recomendações, feitas por diferentes autores, podem ter sido baseadas em diferentes conteúdos reais de EM nas rações, causando desuniformidade nas respostas.

SILVA et al. (2003) determinaram o valor de EMA e EMAn do milho e do farelo de soja utilizando codornas japonesas em crescimento. Posteriormente, compararam formulações de rações utilizando EMAn do milho e do farelo de soja determinada para frangos de corte e poedeiras, com aquelas determinadas com codornas de 22 a 27 e 65 dias de idade. Os autores concluíram que na ausência de informações da energia do milho e do farelo de soja determinadas com codornas, os valores obtidos com galos podem ser utilizados para compor rações para codornas.

GOMES et al. (2007), OLIVEIRA et al. (2007) e SILVA et al. (2003) determinaram a EMA e a EMAn de diversos alimentos com codornas japonesas,

fêmeas de diferentes idades. Enquanto, FURLAN et al., (1998) determinaram as mesmas variáveis com codornas macho. Os resultados encontrados por esses autores encontram-se descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores de energia metabolizável aparente (EMA) e metabolizável aparente corrigida por retenção de nitrogênio (EMAn) de alimentos determinados em codornas japonesas por diversos autores (expressos na matéria natural)

Alimentos	GOMES et al. (2007)		OLIVEIRA et al. (2007)		SILVA et al. (2003)		FURLAN et al. (1998)	
	EMA	EMAn	EMA	EMAn	EMA	EMAn	EMA	EMAn
Milho	-	-	3.124	3.122	3.340	3.354	3.444	3.429
F. de soja	2.616	2.769	2.633	2.651	2.718	2.456	2.565	2.592
Sorgo	3.238	3.350	-	-	-	-	-	-
F. G. Milho ^a	-	-	-	-	4.558	3.992	-	-
Óleo refinado	8.622	8.777	-	-	-	-	-	-
Óleo degomado	-	-	8.065	7.940	-	-	-	-

^aFarelo de glúten de milho

Os valores de energia metabolizável (EM) para codornas foram similares aos de galinhas para o milho, sorgo, farinha de peixe, amido de milho e banha, e maiores para alimentos fibrosos, como o farelo de trigo e o feno de alfafa (MURAKAMI, 1998). O maior valor de EM dos alimentos fibrosos para codornas foi atribuído à digestibilidade da fibra, que está em função do maior tamanho do ceco em relação ao tamanho do corpo, quando comparado com o de galinhas.

SAVORY e GENTLE (1976) verificaram menor peso em codornas alimentadas com rações com alto teor de fibra do que em codornas alimentadas com rações com baixo teor fibroso. O contraste de peso corporal foi atribuído a diferenças no uso da energia, pois o elevado conteúdo fibroso promove maior gasto de energia em função do maior tempo e trabalho gasto no ato da alimentação. Além disto, os intestinos de aves alimentadas com rações com altos níveis de fibra são maiores, exigindo maior demanda energética metabólica.

A recomendação de se utilizar 2.900 kcal de EM por kg de ração descrita pelo National Research Council (NRC), para atendimento das exigências de manutenção e de produção de codornas japonesas em fase inicial, de crescimento e

reprodutiva (NUTRIENT..., 1994), tem sido freqüentemente utilizada como nível energético padrão em pesquisas envolvendo nutrição de codornas (OLIVEIRA, 2000 e MURAKAMI et al., 1993).

2.2. O Sorgo

2.2.1. Características da cultura

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é o quinto cereal mais importante no mundo, sendo precedido pelo trigo, arroz, milho e cevada. É utilizado como principal fonte de alimento em grande parte dos países da África, Sul da Ásia e América Central e importante componente da alimentação animal nos Estados Unidos, Austrália e América do Sul (RIBAS, 2003).

A planta do sorgo se adapta a uma gama de ambientes, principalmente, sob condições de deficiência hídrica, desfavoráveis à maioria de outros cereais. Essa característica permite que a cultura seja apta para se desenvolver e se expandir em regiões de cultivo com distribuição irregular de chuvas (precipitação anual entre 375 e 625 mm) e em sucessão a culturas de verão (por exemplo, o milho). Além disso, não compete com outros cereais, pois, pode ser plantado na época da safrinha (verão). O ciclo vegetativo do sorgo é de 110 dias, ou seja, cerca de 25 dias menor que o do milho (FERNANDES, 2002).

A produção de sorgo vem apresentando no Brasil um crescimento notável nos últimos anos, após situar-se ao redor de 300.000 t até 1996. A partir deste ano, a quantidade de grãos de sorgo colhida evoluiu continuamente até atingir valores próximos a 1.500.000 toneladas, conforme ilustrado na Figura 1. Isto é o reflexo de uma série de mudanças que ocorreram no agronegócio brasileiro, que criaram as condições tanto para este incremento, como para absorção da produção resultante (RIBAS, 2003).

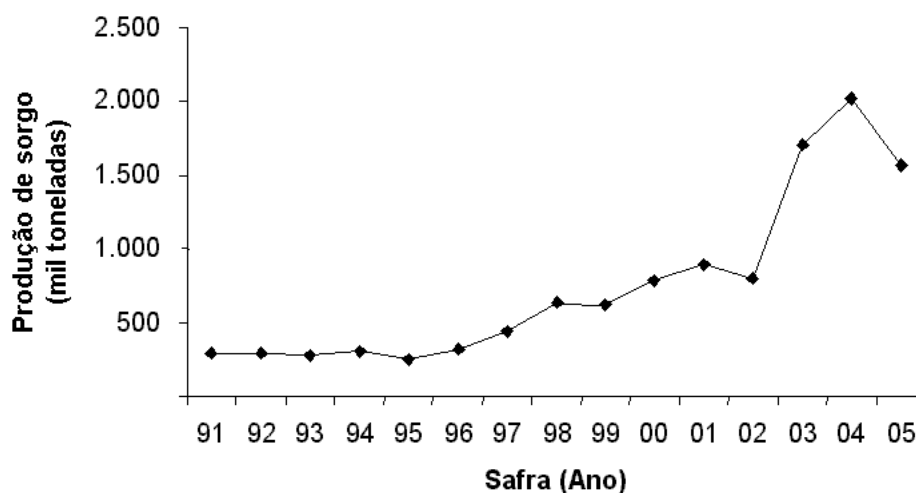


Figura 1 – Evolução da produção de sorgo no Brasil entre os anos de 1991-2005.

Segundo o IBGE (INSTITUTO..., 2008), na safra 2007/2008, os estados da região Centro-Oeste produziram a maior parte do sorgo do país. Dos 1.857,10 toneladas produzidas na atual safra, 1.232,50 toneladas foram colhidas nesta região. Ou seja, os estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e o Distrito Federal respondem por 66% de toda a produção nacional. Goiás está em primeiro lugar, com 729,3 mil toneladas; em seguida, vem Mato Grosso, com 296,6 mil toneladas. Em termos de área dedicada ao sorgo, os dois também lideram no Brasil.

Apesar de o número ser pouco significativo se comparado com a safra de milho (58.468,201 toneladas), este cereal tem se configurado ao longo dos anos em uma ótima oportunidade de redução nos custos de formulação, nas regiões onde se encontra disponível, por se tratar de uma boa alternativa para substituição do milho (BRUZEGUEZ, 2001).

O sorgo granífero por suas características nutricionais tem sido pesquisado como alimento energético alternativo ao milho. Embora a fonte energética das rações de monogástricos normalmente seja o milho, o sorgo geralmente apresenta preço inferior, o que justifica seu uso (MUSTAFA, 1993 e SCHEUERMANN, 2003).

Mesmo com grande aumento na produção, na produtividade e no consumo de sorgo, o Brasil está muito aquém dos maiores produtores mundiais. Além disso, o Brasil consome somente 3,0% de sorgo em relação ao milho, enquanto países como México e Índia consomem aproximadamente 45% e 73%, respectivamente. No Brasil o setor de aves e suínos consome aproximadamente 65% de toda produção de sorgo, como pode ser observado na Figura 2.

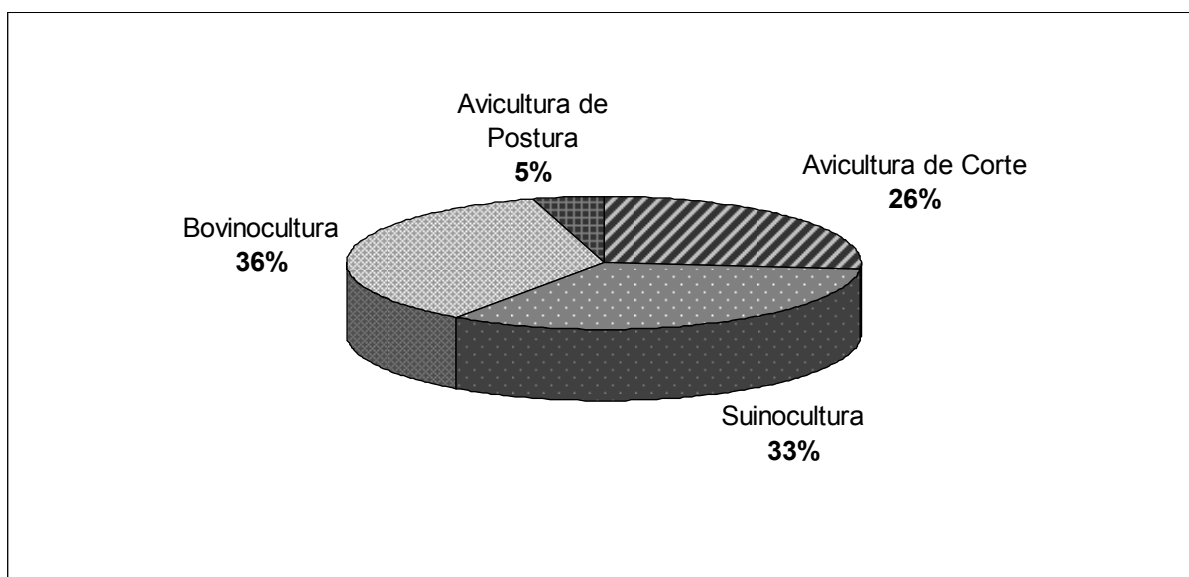


Figura 2 – Consumo de sorgo granífero pelos principais seguimentos da produção animal em 2007 (SINDIRAÇÕES, 2008)

O sorgo foi durante muito tempo evitado na alimentação de aves, baseado em informações antigas de composição nutricional e que devido ao elevado teor de tanino, comprometiam o desempenho das aves, como evidenciaram MALIK e QUISENBERRY (1963). O teor de tanino presente no grão de sorgo varia de 1,30 a 3,60% para alto tanino e de 0,10 a 0,70% para o sorgo com baixo tanino (MYER et al., 1986 e SCHEUERMANN, 2003).

No mercado encontram-se híbridos de sorgo sem tanino que ainda não tiveram seu valor nutritivo estudado para que possam ser disponibilizados, e com isso atenuar o problema dos preços da saca de milho que atingem patamares que oneram o custo de produção.

As cultivares melhoradas geneticamente tiveram redução do teor de tanino, aumento nas digestibilidades do amido e da proteína e melhor adaptação às regiões tropicais, podendo substituir ou complementar rações formuladas com milho.

A cultivar de sorgo utilizada nos experimentos relatados neste trabalho foi a IPA 7301011, desenvolvida pela Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária – IPA. A cultivar de sorgo IPA 7301011 originária de Uganda, no continente africano (Pedigree 9Dx/9/11), foi introduzida através do programa de sorgo do IPA em 1973, onde foi selecionada visando adaptação e produtividade às condições de déficit hídrico, características da região Nordeste.

É uma variedade recomendada para produção de grãos e de restolho no semi-árido de Pernambuco e regiões similares. É também cultivada na região central do Brasil (MT, GO e TO) e na extensão do cerrado nos Estados do Maranhão e do Piauí em rotação com a cultura da soja. A Tabela 2 resume as principais características da cultivar. A cultivar de sorgo granífero IPA 1011 pode ser plantada em todo o semi-árido nordestino no início do período chuvoso de cada região (IPA, 2008).

Tabela 2 – Principais características da cultivar de sorgo IPA 1011.

Característica	
Ciclo da semeadura à colheita	90 - 110 dias
Altura média de planta	170 cm
Cor do grão	Branca
Cor das glumas	Preta
Tanino no grão	ausente
Proteína bruta no grão	8 - 10%
Potencial de produção de grãos	3 a 7 t/ha
Produção matéria seca de restolho	3,5 a 5,0 t/ha

Adaptado de IPA (2008)

2.2.2. Aspectos nutricionais do sorgo

Em comparação ao milho, o sorgo possui algumas vantagens importantes, tais como, maior amplitude de época de plantio e menor custo do grão e maior nível de proteína bruta (MIRANDA e PEREIRA, 2001), porém apresenta menor valor de energia metabolizável. Segundo ROSTAGNO et al. (2005), o sorgo possui valor nutricional semelhante ao do milho. A Tabela 3 mostra os valores médios de composição química e de energia do sorgo granífero e do milho.

Tabela 3 - Composição bromatológica do milho e do sorgo de baixo e alto tanino (na matéria natural).

	Baixo tanino	Alto tanino	Milho
Especificação	%	%	%
Matéria seca (máx., %)	86,72	85,88	87,10
Extrato etéreo (mín., %)	3,00	2,35	3,61
Proteína bruta (mín., %)	9,23	8,94	8,26
Energia bruta (kcal/kg)	3.928	3.860	3.925
Energia metab. Aves (kcal/kg)	3.192	2.956	3.381
Energia metab. Suínos (kcal/kg)	3.289	2.984	3.340
Fibra bruta (máx., %)	2,30	2,78	1,73
Matéria mineral (máx., %)	1,39	1,86	1,27
Cálcio (máx., %)	2,30	2,78	0,03
Fósforo (mín., %)	1,39	1,86	0,24

Adaptado de: ROSTAGNO et al. (2005)

Embora os cereais sejam utilizados principalmente como fonte energética, deve-se levar em conta que os mesmos também suprem a ração com proteínas, sendo responsáveis pelo aporte de 20 a 30% deste nutriente. Na nutrição de monogástricos, é importante a qualidade da proteína, que está relacionada ao balanço de aminoácidos essenciais.

O sorgo apresenta grande variabilidade genética para a textura do endosperma. Têm sido descritos grãos de sorgo com endosperma completamente farináceo até grãos completamente vítreos. O amido existente dentro do endosperma dos cereais interage com a proteína, esse fato é particularmente observado no milho e sorgo. Entretanto, a digestibilidade do amido depende da espécie e/ou cultivar da planta. O grânulo pode se fixar na matriz protéica do endosperma e estabelecer ligações cruzadas, que promoverão queda na digestibilidade do amido e da proteína, como consequência da redução da ação das enzimas digestivas (SGARBIERI, 1996).

ANTUNES et al. (2005) estudaram a influência da textura do endosperma dos grãos de sorgo sobre os teores de matéria seca metabolizável aparente e de energia metabolizável de cultivares sem taninos para frangos de corte. Observaram semelhança nos valores de matéria seca metabolizável aparente dos grãos, apesar

da diferença na textura. Os resultados comprovaram que a textura do endosperma influencia na metabolizabilidade da energia do sorgo para frangos em crescimento.

O milho possui maior concentração de lisina e metionina que o sorgo, porém, níveis significativamente inferiores de triptofano (ROSTAGNO et al., 2005). A Tabela 4 apresenta os valores médios do conteúdo de aminoácidos do sorgo e do milho. São citados somente a lisina, metionina, metionina + cistina, treonina e triptofano, pois são os aminoácidos mais importantes para o cálculo de rações para não-ruminantes.

Tabela 4 - Conteúdo de aminoácidos do milho e do sorgo (% na matéria natural)

Aminoácidos totais	Milho		Sorgo baixo tanino		Sorgo alto tanino	
Lisina	0,25		0,22		0,22	
Metionina	0,17		0,16		0,16	
Metionina + Cistina	0,37		0,33		0,33	
Treonina	0,33		0,33		0,33	
Triptofano	0,06		0,09		0,09	
Aminoácido digestível Verdadeiro	Aves	Suínos	Aves	Suínos	Aves	Suínos
Lisina	0,203	0,199	0,18	0,18	0,16	0,16
Metionina	0,154	0,157	0,14	0,14	0,12	0,13
Metionina+Cistina	0,325	0,333	0,28	0,29	0,23	0,24
Treonina	0,274	0,261	0,27	0,29	0,23	0,25
Triptofano	0,052	0,048	0,08	0,08	0,06	0,07

Adaptado de ROSTAGNO et al. (2005)

O sorgo não deve ser considerado substituto do milho, a comparação entre os dois cereais deve ser analisada levando em consideração as características de cada grão e a disponibilidade no mercado, assim como o preço de outros produtos como a glutenose, a lisina sintética e os pigmentantes (FARIA, 2002).

Tecnicamente, o sorgo pode substituir o milho em até 100% nas rações de suínos (FIALHO et al., 1998 e RODRIGUES et al. 2002), frangos de corte

(BARCELLOS et al., 2006 e ROCHA et al., 2008), poedeiras (COSTA et al., 2006 E ASSUENA et al., 2008) e codornas (MELO et al., 2003), sem prejudicar o desempenho dos animais.

SHAFEY et al. (2003) avaliaram o efeito do tipo de cereal utilizado (trigo e sorgo) sobre o desempenho de 480 poedeiras comerciais durante 36 semanas de idade durante um período de 12 semanas. Tanto o sorgo, quanto o trigo, correspondia a aproximadamente 39% do total da ração. Não houve diferença significativa quanto ao uso desses cereais sobre as características produtivas.

SILVA et al. (2000) conduziram experimentos com poedeiras comerciais recendo rações com 40% de sorgo de baixo tanino e observaram que não houve comprometimento nas características produtivas e qualidade dos ovos.

Esses resultados foram comprovados por PEREIRA et al. (2001) que não observaram diferença com relação ao desempenho das poedeiras e qualidade dos ovos quando foram submetidas a rações com total substituição do milho pelo sorgo com baixo tanino.

SUBRAMANIAN e METTA (2000) utilizaram dietas com 45% de milho; 45% de sorgo (branco e amarelo) e uma mistura de 15% de sorgo (branco e amarelo) e 30% de milho, totalizando cinco tratamentos. Não foram encontradas diferenças significativas no consumo de ração e na produção de ovos entre os tratamentos.

ZANZAD et al. (2000) estudaram o desempenho de poedeiras White Leghorn com 24 semanas de idade, alimentadas com dieta a 17,3% de proteína bruta, contendo 0, 25, 50, 75 e 100% de sorgo (CHS – 5) em substituição ao milho, durante 105 dias. O nível de tanino nas dietas variou entre 0,33 e 0,55%. A produção de ovos, peso do ovo e o ganho de peso não apresentaram diferenças significativas. A qualidade interna do ovo não apresentou efeito adverso, exceto para coloração de gema. A espessura da casca do ovo foi significativamente inferior em poedeiras que consumiram dietas com 75 a 100% de sorgo. Os custos de ração foram menores em dietas com 100% sorgo.

BARRERA et al. (1998) avaliaram a influência da suplementação de DL-metionina para poedeiras comerciais submetidas a rações contendo 64% de sorgo de baixo tanino suplementada com 0,0; 0,06; 0,012% de metionina ou sorgo alto tanino suplementada com 0,0; 0,06; 0,012; 0,018% de metionina e verificaram que o consumo de ração e a conversão alimentar aumentaram linearmente com os níveis crescentes de metionina para os dois tipos de sorgo. Com relação à produção, ao

peso do ovo e à massa de ovo, foi observado aumento linear com a inclusão dos níveis de metionina para ambas as cultivares de sorgo.

VIANA et al. (1983) avaliaram o desempenho de poedeiras *Babcock* utilizando cinco variedades de sorgo como substituto do milho. Os tratamentos foram distribuídos de acordo com o cereal utilizado (milho e cinco variedades de sorgo, na proporção de 42% cada). Não foram encontradas diferenças significativas entre as variáveis estudadas, mostrando que a substituição do milho pelas variedades de sorgo não afetou o desempenho das aves.

FAQUINELLO et al. (2004) avaliaram o efeito da substituição do milho pelo sorgo alto tanino sobre o desempenho produtivo e a qualidade de ovos de codornas japonesas. Para a percentagem de postura, coloração de gema e conversão alimentar, houve piora com a substituição do milho pelo sorgo na ração. Não foram verificadas diferenças para o consumo de ração, peso do ovo, altura de albúmen, porcentagem e espessura da casca. Os autores concluíram ser nutricionalmente viável, a substituição do milho pelo sorgo alto tanino em até 80% na ração.

Já, MELO et al. (2003) justificam a substituição em até 100% com adição de 0,10% de extrato oleoso de bixina para obter gemas com pigmentação semelhante à obtida quando as codornas são alimentadas com rações à base de milho e de farelo de soja.

Considerando o fator econômico, a substituição do milho pelo sorgo torna-se viável quando o preço do sorgo for 15 a 20% inferior ao do milho. Isso porque uma ração formulada com altos níveis de sorgo deverá ter seu nível energético e aminoacídico corrigido com a inclusão de óleo vegetal e de aminoácidos sintéticos.

SANTOS et al. (2006) realizaram uma análise econômica para verificar a viabilidade econômica da substituição do milho pelo sorgo para frangos de corte. Constataram que a melhor conversão alimentar – e conseqüentemente, o menor custo de produção – ocorreu nas aves alimentadas com as dietas inicial e final com rações contendo 50% de sorgo.

Na Tabela 5 encontram-se resumidos os principais efeitos da utilização do sorgo em substituição parcial ou total ao milho em rações de poedeiras relatadas por diversos autores.

Tabela 5 – Efeito da substituição do milho pelo sorgo em rações para poedeiras de acordo com resultados de vários autores.

Tipo de substituição do milho pelo sorgo												Autores
Parcial						Total						
PP	PO	CR	CA	PC	CG	PP	PO	CR	CA	PC	CG	
						0	0		0		-1	Maier (1983)
0	0	0										Viana et al. (1983)
						-1	0			0	0	Khalifa et al. (1994)
-1		0	-1									Jacob et al. (1996)
						0	0	0	0		0	Kishibe et al. (2000)
0	0	0	0		-1	0	0	0	0		-1	Melo et al. (2000)
	0	0										Subramanian et al. (2000)
0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	-1	Zandad (2000)
0	0	0										Shafey et al. (2003)
0	0	0	-1	0	-1	0	0	0	-1	0	-1	Faquinello et al. (2004)

Em que: PP= porcentagem de postura; PO= peso do ovo; CR= consumo de ração; CA= conversão alimentar; PC= peso da casca; CG= cor da gema. 0=não influenciou; +1=melhorou; -1=piorou.

O teor de carotenóides e xantofilas do milho e do sorgo são 1,80 e 19 ppm e 0,20 e 1,10 ppm, respectivamente. Por isso, quando se utiliza o sorgo para aves, é imprescindível a utilização de uma fonte exógena de pigmentantes. Esse problema pode ser resolvido através da adição de pigmentantes naturais, como o extrato oleoso de urucum (SILVA et al., 2000 e MELO et al., 2003), colorífico comercial (OLIVEIRA et al., 2007) ou de pigmentantes sintéticos como a cantaxantina 10% e apocaroteno 10% (GARCIA et al., 2002).

2.3. Pigmentação

2.3.1. Teoria da coloração e métodos para avaliar a cor da gema

A percepção e a interpretação das cores é altamente subjetiva e fatores como, cansaço visual, idade e outros fatores fisiológicos podem influenciar na

percepção da cor. Excluindo as considerações físicas, cada observador interpreta a cor baseado em uma referência pessoal, ou seja, cada pessoa define a cor de um objeto de maneira diferentemente da outra (BERNS, 2000).

Porém, para se obter maior acurácia na determinação de uma cor, é necessário compará-la a algum padrão. A solução é mensurá-la por instrumentos, tais como espectrofotômetros e colorímetros, que identificam uma cor e a diferencia de todas as outras cores através de valores numéricos.

O espectrofotômetro mensura a luz refletida ou transmitida em alguns pontos do espectro visual, no qual resulta em uma curva. A curva formada para cada cor é única, como uma assinatura ou impressão digital, sendo uma excelente ferramenta para identificar e especificar uma cor (HUNTER e HAROLD, 1987).

Já os colorímetros não são espectrofotômetros, pois, utilizam tri estímulos fazendo uso dos filtros do vermelho, verde e azul que estimulam a resposta do olho humano para luz e cor (X-RITE, 2002). Cada cor tem sua aparência própria e se distingue das demais baseadas em três elementos: *hue*, *croma* e *luminosidade*.

O *hue* é a forma primária de se referir a uma cor identificada, como por exemplo, verde, vermelho, azul e branco etc, conforme ilustrado na Figura 3. Quando uma cor migra do seu hue em direção ao da outra, obtém-se uma mistura de cores chamada miscelânea cromática, como por exemplo, azul-esverdeado, amarelo-alaranjado etc.

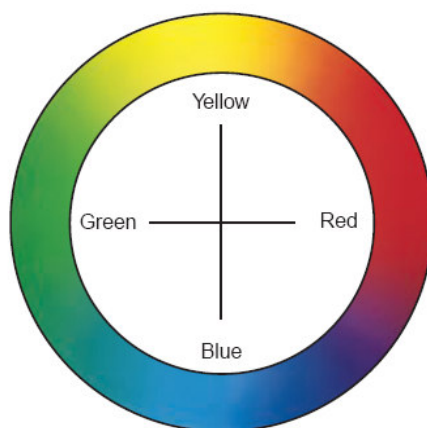


Figura 3 – Ilustração do *hue* no diagrama cromático (X-RITE, 2002).

O croma, também conhecido como saturação da cor, descreve a vivacidade ou opacidade de uma cor, ou seja, ela apresenta-se em um hue puro, ou está dentro de uma escala sombria. Ele move-se do centro para o perímetro, sendo as cores no

centro, sombrias e as periféricas, vívidas, conforme ilustrado na Figura 4. Como exemplo pode-se comparar a coloração entre o tomate e o rabanete. Os dois são vermelhos, porém, o tomate apresenta um vermelho vívido, ao passo que o rabanete possui um vermelho opaco (X-RITE, 2002).

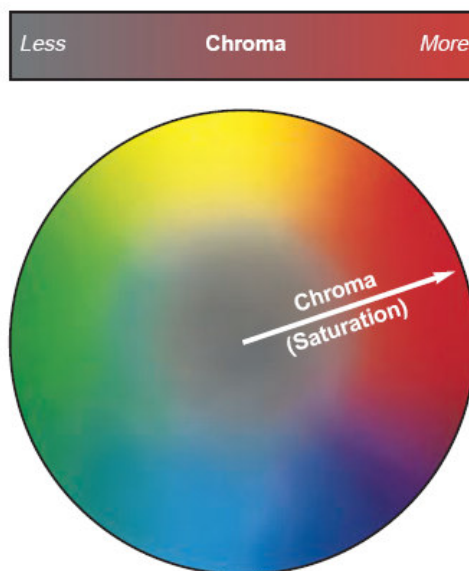


Figura 4 – Ilustração do *croma* no diagrama cromático de Hunter (X-RITE, 2002).

A intensidade luminosa de uma cor, também chamada de *value*, é utilizada para classificar uma cor em: claro ou escuro. Na Figura 5, o *value*, ou luminosidade, está representado pelo eixo vertical.

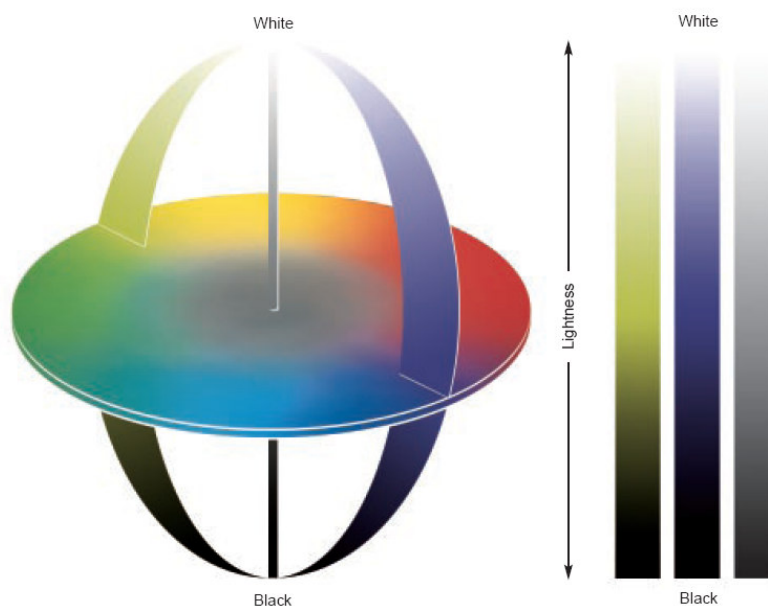


Figura 5 – Ilustração da *luminosidade* no diagrama cromático (X-RITE, 2002).

Em 1905, Albert H. Munsell criou um sistema de ordenação de cores, ou escala de cores, chamado *Sistema Munsell de Notação de Cores* (MSCN – sigla em inglês), usado ainda hoje. Esse sistema é baseado na percepção humana e atribui valores a três propriedades da cor: *hue*, *value* e *croma* (CIE, 1932).

Os humanos processam uma cor devido à interação da luz ao atingir um objeto. Três fatores são necessários para identificar uma cor: uma fonte de luz (iluminação); um objeto (amostra) e um observador (processador).

Em 1931, o CIE padronizou o sistema de ordenação de cores através da especificação da fonte luminosa, do observador e da metodologia usada para obter os valores que descrevem as cores, no qual originou o chamado *Diagrama cromático* (BRECKENRIDGE e SCHAUB, 1939), ilustrado na Figura 6.

De acordo com HUNTER e HAROLD (1987), o Sistema de Cores CIE utiliza três coordenadas para localizar uma cor em um intervalo de cores: L^* , a^* e b^* ou Sistema *CIELAB*. Nesse sistema, o L^* define os valores de luminosidade, que variam do branco ($L=100$) ao preto ($L=0$); a^* denota a região do vermelho (+a) ao verde (-a) e o b^* do amarelo (+b) ao azul (-b). Esse sistema é comumente utilizado pela indústria de tintas, corantes, pigmentantes e de alimentos.

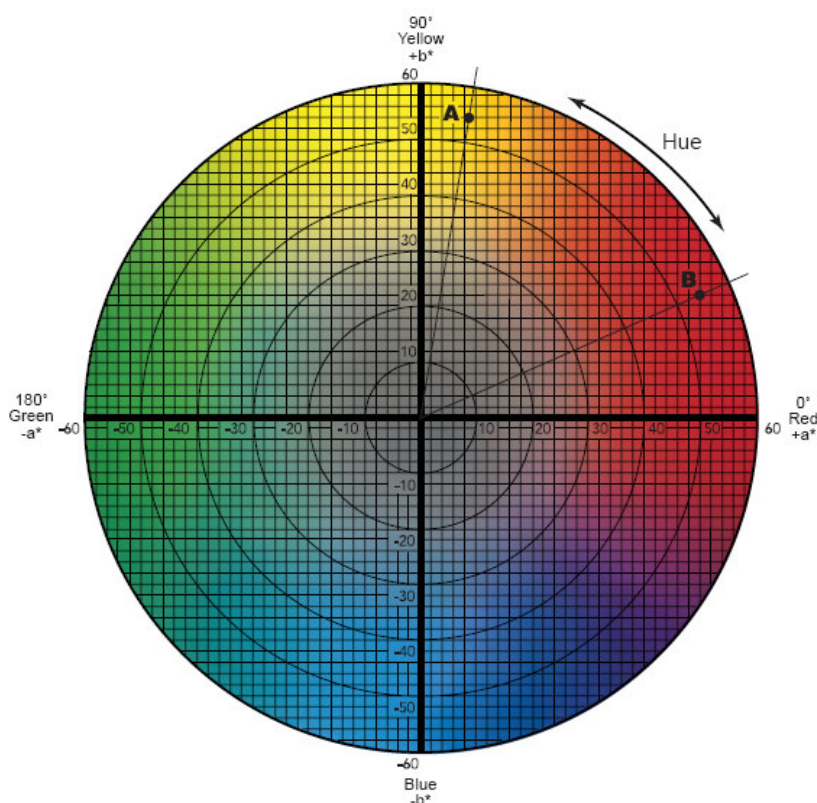


Figura 6 – Diagrama cromático de Hunter (CIE, 1932)

Na indústria de alimentos para animais, o sistema CIELAB é utilizado para avaliar a eficiência na coloração de carne de frango e gema de ovo quando se utiliza determinadas fontes de pigmentantes na ração.

A utilização do escore colorimétrico (abanico *La Roche* DSM) pela avicultura é um método prático e barato para se avaliar a coloração de gema, carne e canela. O método do escore fornece uma relação direta entre um número e a tonalidade de cor. A informação obtida por esse método dá uma idéia geral da presença ou ausência de fontes pigmentantes na ração da ave, mas não informa a relação entre as cores para que se possa compor uma formulação com ingredientes que forneçam a pigmentação final desejada.

Mas, atualmente, grande parte dos trabalhos conduzidos com pigmentantes para aves, tem optado por uma metodologia mais precisa, que fornece pelo menos três pontos do croma (L^* , a^* e b^*), chamado de *avaliação cromática*. Nesse método utiliza-se um colorímetro que faz a leitura direta na superfície do objeto (carne, ovo, etc) através de um flash de luz incandescente. Há vários relatos publicados utilizando-se essa metodologia em poedeiras (BISCARO e CANNIATTI-BRAZACA, 2006; GONÇALVES et al, 2006; SILVA et al, 2006; GARCIA et al., 2002) e frangos de corte (CASTAÑEDA et al., 2005).

2.3.2. Os pigmentantes

As rações formuladas para poedeiras comerciais contêm o milho amarelo como principal fonte de energia e de pigmentos naturais, como xantofilas, que contribuem para produção de uma gema de coloração amarelo/alaranjada.

Atualmente, relacionam-se à alimentação novos conceitos sobre ambiência, economia, marketing e mercado consumidor, dentre outros, o que impõem objetivos diferenciados para a alimentação das aves em granjas de postura comercial. A intensidade de coloração da gema é um critério de decisão em relação à preferência do consumidor, pois normalmente associa-se a pigmentação da pele do frango ao seu estado de sanidade e a cor da gema à sua quantidade de vitaminas.

Segundo GALOBART et al. (2004), o nível de pigmentação da gema varia muito de entre os países, ou mesmo, entre as regiões de um mesmo país. Por exemplo, nos Estados Unidos, a preferência de coloração da gema fica entre sete e

10 na escala colorimétrica DSM. Entretanto, nos países europeus e asiáticos, há preferência por colorações altas (entre 10 e 14).

Quimicamente, os carotenóides são uma classe de compostos naturais de cor amarela, laranja ou vermelha e o complexo de carotenóides que formam as caroteno-proteínas ou as caroteno-lipoproteínas pode estender a gama de cores dos carotenóides até as regiões de verde, azul e violeta do espectro (LATSCHA, 1990).

A forma estrutural característica dos carotenóides, responsável por sua cor é uma corrente polímera conjugada, usualmente composta por 7-11 duplas-ligações conjugadas (TORRISEN e NAEVDAL, 1998). Os carotenóides podem ser subdivididos em duas categorias, dependendo do grau de substituição molecular que apresentam:

- *Carotenos* (como o β -caroteno), que são hidrocarbonetos compostos de átomos de hidrogênio e carbono;
- *Xantofilas* (como a cantaxantina), que são resultantes da adição de vários átomos de oxigênio, como os grupos hidroxil- e ceto-, aos carotenos, podendo assim ser consideradas como produtos da oxidação dos carotenos.

As fontes de pigmentos carotenóides podem ser naturais, como por exemplo, as do grupo do milho (zeaxantina e luteína), do pimentão vermelho (capsantina), de crustáceos (astaxantina) e do urucum (bixina e norbixina). Podem ser empregados também carotenóides sintéticos, tais como o pigmento vermelho *cantaxantina 10%* e o pigmento amarelo *etil-éster- β -apo-8-caroteno* (GARCIA *et al.*, 2002).

Os pigmentantes sintéticos utilizados na nutrição animal consistem em carotenóides granulados em pó, constituídos por pequenas partículas esféricas protegidas (microcápsulas). O carotenóide é encapsulado em amido gelatinizado e a uma matriz glicosídica. Posteriormente, ocorre adição de um antioxidante para maior estabilidade oxidativa. O esquema completo está apresentado na Figura 7. Cada grama do produto comercial contém aproximadamente 100.000 microcápsulas com diâmetro entre 0,15 e 0,40 μ m (DSM, 2008).

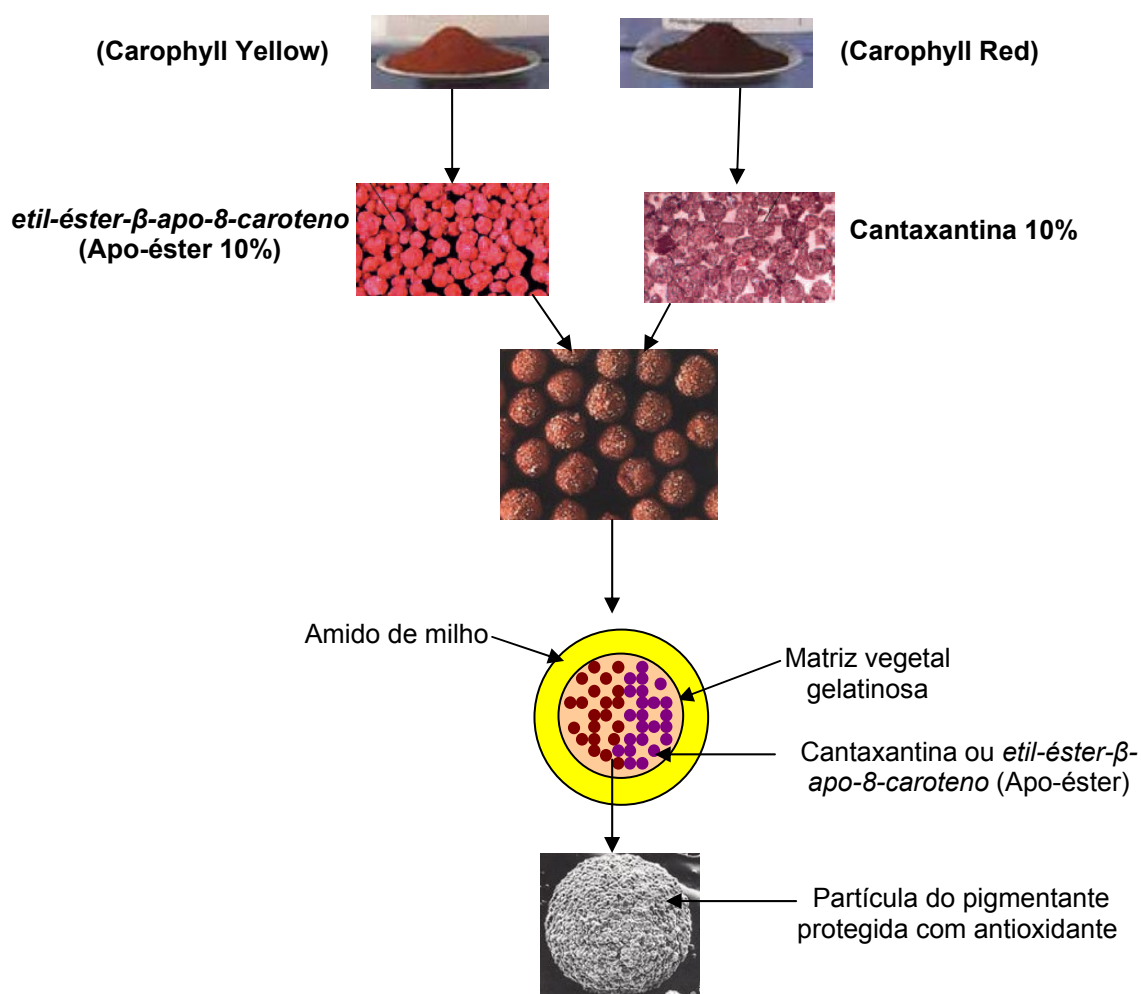
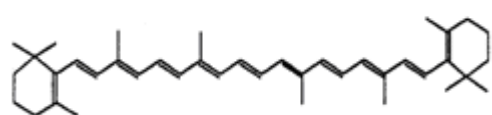


Figura 7 – Constituição física dos pigmentantes sintéticos (Adaptado de DSM, 2008).

Cada carotenóide possui suas peculiaridades quanto à disponibilidade, à estrutura molecular, à síntese, ao metabolismo e à finalidade. As principais descrições do β -caroteno, cantaxantina e etil-éster- β -Apo-8'-caroteno (apo-éster), com suas respectivas fórmulas moleculares e microscópicas.

O β -Caroteno (Figuras 8) ocorre na natureza, particularmente, em plantas verdes e está disponível como produto sintético desde 1954. Os diferentes tipos de vegetais, adubação, clima, tipo de preservação e tempo de armazenamento afetam a concentração de β -Caroteno. É eficientemente convertido em vitamina A em várias espécies de animais.



β-Caroteno

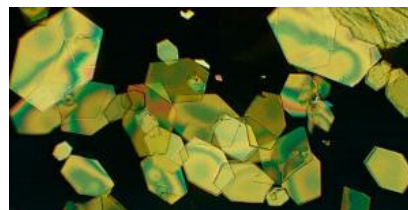
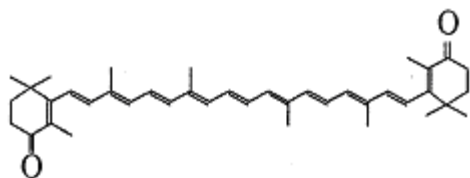


Figura 8 – Fórmula estrutural e microscópica do β-caroteno.

A cantaxantina (*4,4'-diketo-β-caroteno*) é um pigmento amarelo-alaranjado (Figura 9) presente em alguns crustáceos, insetos e algumas espécies de peixes. Nas aves, é encontrada na epiderme e nas penas e plumagens de algumas espécies. É usada tanto para a coloração da gema de ovos de galinhas de postura quanto para a pigmentação de pele e patas de frangos de corte (*cantaxantina 10%*).

O nível de adição de cantaxantina na dieta de aves está entre 0,5-6mg/kg para dietas que proporcionem em torno de nove no escore colorimétrico DSM (TORRISEN e NAEVDAL, 1998). A cantaxantina se tornou comercialmente disponível como composto sintético em 1964.



Cantaxantina



Figura 9 – Fórmula estrutural e microscópica da cantaxantina.

O β-*Apo-8'-ácido carotenóico etil éster* (Figura 10) ocorre na natureza como produto metabólico do apocaroteno, ricamente encontrado na flor Marigold (*Tagetes erecta*). Sua forma comercial é o *etil-éster-beta apo-8-caroteno (apo-éster 10%)*. No frango o apo-éster é convertido em ácido carotenóico, um metabólito amplamente distribuído na natureza, especialmente em plantas (gramíneas, alfafa e frutas cítricas). Além das propriedades de pigmentação, o apo-éster desempenha funções fisiológicas, como pró-vitamina A.

suprimento de vitamina A nas aves. O apo-éster 10% e a cantaxantina 10%, também podem potencialmente ser convertidos em vitamina A, porém, com menor eficiência.

No entanto, devido ao fato de as dietas das aves já serem suplementadas com vitamina A, a contribuição dos carotenóides naturais contidos nos alimentos é mínima. Por outro lado, seu uso como pigmentante para atuar na coloração da gema e da carne de aves tem se mostrado extremamente efetivo, dependendo da fonte, conforme é demonstrado por MARUSCHI e BAUERNFEIND (1981) na Figura 11.

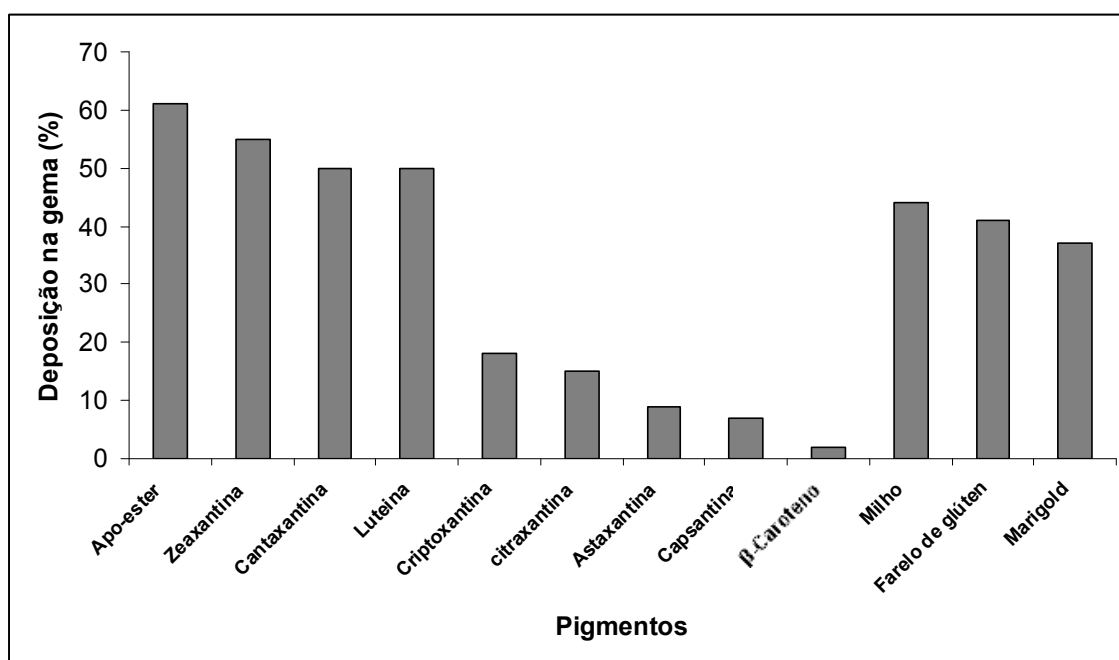


Figura 11 – Eficiência da deposição de diferentes fontes de pigmentos na gema dos ovos

Mais recentemente, GONZALES e SARTORI (1999) reportaram as diferentes porcentagens de deposição de carotenóides na gema dos ovos, sendo a maior deposição demonstrada pelo apo-éster (50%), seguido da cantaxantina (45%), luteína (20%), zeaxantina (22%), β -caroteno (1%), entre outros. Segundo esses mesmos autores, os carotenóides apresentam afinidades diferentes para deposição, dependendo do tecido alvo, como por exemplo, a pigmentação da pele e tarsos de frangos de corte e pela gema dos ovos, conforme demonstrado na Tabela 6.

Tabela 6 - Afinidade de diferentes carotenóides pela gema de ovos, pele e tarsos de frangos de corte.

Carotenóide	Gema	Tarsos	Pele
Apo-éster	+++	++	++
Cantaxantina	+++	+++	++
Zeaxantina	++	+++	+++
Páprica	+	-	-
Luteína	++	+	+

Adaptado de GONZALES e SARTORI (1999)

A escolha de carotenóides para uma dieta visando pigmentação deve preencher quatro requisitos básicos (TORRISEN e NAEVDAL, 1998):

1. O carotenóide utilizado deve estar disponível em quantidade e formato que permitam sua inclusão na dieta e, a fonte do pigmento não deve exercer nenhum efeito negativo na performance da dieta;
2. A biodisponibilidade deve estar em níveis aceitáveis;
3. O carotenóide deve ser depositado no órgão alvo sem causar efeitos de cor indesejáveis em outros tecidos;
4. A conversão do carotenóide deve ser baixa e sem transformações ou perdas metabólicas significativas.

Os carotenóides mais importantes comercialmente são produzidos sinteticamente e comercializados em forma de microcápsulas, contendo de 5 a 10% do carotenóide em questão, dependendo do tipo de carotenóide e do fabricante. Geralmente as cápsulas são compostas de goma, gelatina e são estabilizadas por antioxidantes como o ascorbato e o palmitato.

Para se medir o grau de pigmentação de um determinado produto existem duas maneiras: 1- determinação química da composição qualitativa e quantitativa do conteúdo de carotenóides e 2- pela medida da cor aparente (subjativa ou direta). Normalmente, a medida da cor aparente é suficiente quando se trabalha com produtos crus. Porém, como a cor pode sofrer mudanças drásticas durante o processamento ou armazenamento do produto, saber a quantidade e o tipo de carotenóide usado são importantes a fim de predizer a cor do produto final.

GAWECKI *et al.* (1977) trabalhando com galinhas Leghorn, obtiveram resultados de: 27,03 µg/g de carotenóides na gema do ovo com *apo-éster* e 19,83 µg/g com *cantaxantina* ou farinha de gramínea, depois de uma semana de tratamento, uma vez que as quantidades iniciais estavam em torno de 16 a 17µg/g, respectivamente. Houve um aumento adicional depois de duas semanas de tratamento, para 35 µg/g com *apo-éster* e 22,02 µg/g com *cantaxantina*, mas não com farinha de gramínea. A cor inicial da gema (escala Hoffmann La Roche) de 4,3 a 5,8 passou para 10,0 depois de duas semanas de tratamento com os pigmentantes e permaneceu 5,6 no controle.

ARAYA *et al.* (1977) obtiveram cor da gema similar com a adição de 0,003% de apo-éster e dose de 1,06% da farinha da semente de urucum, quando o milho foi substituído pelo sorgo na ração de poedeiras, o que representou escore de 9 a 10 pontos, no escore colorimétrico da DSM.

ANGELES e SCHEIDELER (1998) realizaram um experimento comparando duas dietas basais (glúten de milho e farelo de alfafa) com dois níveis de xantofilas (45 e 60 ppm) e duas fontes sintéticas (*carophyll* amarelo e *carophyll* vermelho) durante oito semanas. Observaram diferenças significativas apenas na coloração das gemas, sendo que o desempenho não foi influenciado pelo efeito dos tratamentos. HALAJ *et al.* (1999) utilizando pigmentante sintético *Carophyll*, verificaram aumento linear na pigmentação das gemas após 7 a 10 dias de suplementação.

GARCIA *et al.* (2002) estudaram os efeitos da adição de cantaxantina 10% sobre o desempenho e a coloração das gemas de ovos de galinhas poedeiras da linhagem Hisex Brown. Nesse experimento foram utilizados seis tratamentos (0, 12, 24, 36, 48 e 60ppm de cantaxantina) com oito repetições e com um período experimental de 56 dias. Durante os 14 dias do período inicial do experimento, a melhor coloração das gemas foi obtida com a adição de 60ppm de cantaxantina, atingindo-se a cor plateau de 14,3 do escore colorimétrico DSM aos 5,43 dias de inclusão do pigmentante. Considerando-se o período experimental total, os níveis de cantaxantina utilizados melhoraram de forma quadrática a coloração das gemas, sem influenciar os parâmetros produtivos e demais características de qualidade dos ovos de poedeiras comerciais.

Para as medidas com o escore colorimétrico, o tratamento controle obteve valor um e os tratamentos com adição de apo-éster obtiveram, respectivamente,

valores de 13 e 14. A deposição de apo-éster na gema dos ovos aumentou de 4,2 µg/ovo (\pm 8,4) no tratamento controle para 160,3 µg/ovo (\pm 20,5) e 300,6 µg/ovo (\pm 22,0) nos tratamentos com adição de 2,5 e 5,0 mg/kg de ração de apo-éster, respectivamente. Neste experimento a adição de apo-éster, não influenciou na produção de ovos, no consumo de ração e no peso dos ovos.

2.4. O Selênio na alimentação das aves

O selênio pode ser consumido em sua forma orgânica, como selênio orgânico (SeMet) e selenocisteína, proveniente de alimentos vegetais e animais ou ainda em sua forma inorgânica, como selenato e selenito, através de suplementos. Considerando que a maioria das plantas e animais que alimentam e servem de alimento são fontes naturais de selênio orgânico, outras fontes têm sido encontradas, como as leveduras cultivadas em meios ricos em selênio, que produzem em abundância selênio orgânico ou um coquetel destes seleno-componentes (BIRD et al., 1997 e IP, 1998).

As diferenças entre as fontes de selênio orgânico e inorgânico são de grande importância dentro da função fisiológica animal. Enquanto a forma predominante de suplementação do selênio é feita pelo selenito de sódio, a principal forma de ocorrência natural nos alimentos é a L-selênio orgânico, um análogo do aminoácido metionina (SCHRAUZER, 2000).

Os vegetais, as algas marinhas, as bactérias e as leveduras podem sintetizar ambos (metionina e selênio orgânico), porém os animais não. As principais fontes de selênio inorgânico são selenato de sódio (Na_2SeO_4) e o selenito de sódio (Na_2SeO_3), que contêm 42% e 45% de selênio, respectivamente.

A importância da suplementação de selênio para animais de produção não só contribuiria para a melhoria dos índices produtivos como também seria uma fonte de selênio para humanos que consomem produtos como carne e ovos (HAWKES et al., 2003).

Durante muito tempo, a única função definida do selênio era a sua participação como componente da enzima glutathione peroxidase (KEEN e GRAHANN, 1989), que atua na destruição de lipo e hidroperóxidos. Além desta enzima, em torno de vinte outras selenoproteínas já foram identificadas, dentre elas,

iodotironinas deiodinases e tioredoxinas redutases, justificando a sua ação antioxidante, na síntese de DNA, na transcrição genética, entre outras (JACQUES, 2001).

A suplementação de selênio por muitos anos foi realizada com selenito de sódio (forma inorgânica). Entretanto, trabalhos com poedeiras (WAKEBE, 1998, YAROSHENKO et al., 2003), matrizes (SURAI, 2000) e frangos de corte (EDENS, 2001) demonstraram superioridade no desempenho das aves recebendo selênio orgânico (selênio orgânico).

PATON et al (2002) avaliando a suplementação de 0,1; 0,2 e 0,3 mg/kg de selênio proveniente do selenito de sódio (SS) ou selênio orgânico (SM) em dietas para galinhas poedeiras, observaram que a concentração do selênio no ovo era dependente da concentração deste na dieta materna e que a forma dietética usada é influenciadora dessa deposição, sendo SM mais depositado na gema que o SS. Observaram, ainda, que embriões entre o 10º e 15º dias de incubação apresentam uma maior concentração SM que SS. Considerando que há um aumento na atividade da enzima glutathione peroxidase nesta fase (SURAI, 1999), a demanda por selênio também seria maior, assim melhor assistida pelo selênio orgânico.

Essa diferença de deposição no ovo pode ser superior a 65%, quando se avalia a suplementação de 0,3% de SM em relação ao SS em dietas formuladas com milho e farelo de soja para aves em postura (PAYNE et al., 2005). Estes autores observam ainda que a suplementação com 3,0 ppm de SS e SL favorecem o aumento, não significativo, do peso do ovo de 65,1 e 68,8g, respectivamente.

SURAI (2000) verificou que a concentração de selênio aumentou na gema e no albúmen de ovos de poedeiras alimentadas com selênio orgânico ou inorgânico (selenito de sódio).

Entretanto, resultados obtidos por JIAKUI e XIAOLONG (2004) mostraram que independente da fonte de selênio suplementada (orgânico ou inorgânico), houve aumento na concentração deste mineral do sangue, fígado e no ovo, porém, sem alteração nos parâmetros produtivos. Desta forma, os autores sugerem que a rota metabólica do selênio orgânico e inorgânico é semelhante.

Há evidências de que o selênio atue como um potencializador de pigmentação, uma vez que evita a oxidação dos pigmentantes. Conforme constatado por GONÇALVES et al. (2006), que avaliaram a coloração da gema do ovo de poedeiras Hy Line W36, que receberam dietas à base de milho e farelo de

soja, utilizando fontes de selênio orgânico e inorgânico com ou sem pigmentos (cantaxantina e apo-éster). Concluíram que os tratamentos com maiores quantidades de cantaxantina e apo-éster com de selênio orgânico melhoraram a coloração da gema dos ovos.

A adição de níveis gradativos de selênio melhora significativamente a coloração da gema, indicando uma proteção antioxidante a pigmentos lipossolúveis (HARMS et al., 1984). Pode haver, também, um favorecimento na passagem de pigmentos para dentro do folículo, ou na formação de lipoproteínas que transportam estes aditivos para dentro do folículo em formação (BURLEY et al., 1993). Este fato pode estar relacionado com melhor funcionamento de transportadores (proteínas integrais) de nutrientes para dentro do lúmen do magno durante a formação da clara (ETCHES, 1996).

A adição de selênio orgânico propicia redução no consumo sem alterar o peso corporal, produção e peso dos ovos, demonstrando uma melhor metabolização de nutrientes, fator importante na poedeira moderna para manter a produção e peso dos ovos (LEESON e SUMMERS, 1997).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGELES, M.; SCHEIDELER, S. Effect of diet, level, and source of xanthophyll on hen performance and egg yolk pigmentation. PSA'98. Annual Meeting Abstracts Pinnstater Conference Center. (August 2-5), Inc. Official Journal of the Poultry Science Association, **Abstracts...**, v. 77, p.1-18. 1998.
- ANGULO, E.; BRUFAU, J.; MIQUEL, A.; ESTEVE-GARCIA, E. Effect of diet density and pelleting on productive parameters of Japanese quail. **Poultry Science**, v. 72, p. 607-610, 1993.
- ANTUNES, R.C.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C.; ET AL. Valores de energia metabolizável de grãos de sorgo com diferentes texturas do endosperma para frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005, Goiânia, GO. **Anais...** UFG:SBZ [2005]. Monogástricos. CD-ROM.
- ARAYA, H.H., MURILLO, M.R., VARGAS, E.G. et al. Composicion y empleo del achiote (*Bixa orellana* L.) en raciones para gallinas ponedoras, para la pigmentacion de La yema del huevo. **Agronomia Costaricense**, v.1, n.2, p.143-150, 1977.
- ASSUENA, V.; FILARDI, R.S.; JUNQUEIRA, O.M.; et al. Substituição do milho pelo sorgo em rações para poedeiras comerciais formuladas com diferentes critérios de atendimento das exigências em aminoácidos. **Ciência Animal Brasileira** (UFG), v. 9, p. 93-99, 2008.
- BARCELLOS, L.C.G.; FURLAN, A.C.; MURAKAMI, A.E. et al. Avaliação nutricional da silagem de grãos úmidos de sorgo de alto ou de baixo conteúdo de tanino para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.1, p.104-112, 2006.
- BARRERA, E. M.; LOPEZ, J. A.; CALVA, D. S.; GONSALEZ, E. A.; WAGNER, N. Efecto de la adición de diferentes niveles de DL-Metionina en dietas con sorgo con contenido alto y bajo taninos, sobre el comportamiento productivo de gallinas de postura. **Veterinária México**, v.29, n.1, p.29-33, 1998.
- BERNS, R.S. **Principles of Color Technology**, John Wiley & Sons, New York, 2000.
- BIRD, S.M.; UDEN, P.C.; TYSON, J.F.; BLOCK, E.; DENOYER, E. Speciation of selenoamino acids and organoselenium compounds in seleniumenriched yeast using high-performance liquid chromatographyinductively coupled plasma mass spectrometry. **Journal Analitical Atomic Spectrometry**, v.12, p. 785-788, 1997.
- BISCARO, L.M.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Cor, betacaroteno e colesterol em gema de ovos obtidos de poedeiras que receberam diferentes dietas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1130-1134, nov./dez., 2006.

- BRECKENRIDGE, F.C.; SCHAUB, W.R. Rectangular uniform-chromaticity-scale coordinates, **Journal of Optical Society Amsterdam**, v.29, p.370-380, 1939.
- BRUZEGUEZ, J.L.C. **Sorgo - uma boa alternativa para redução dos custos de alimentação**. 2001. Disponível na internet em: <http://www.polinutri.com.br/conteudo_artigos_anteriores.htm>. Acesso em: 28/03/2008.
- BURLEY, R. W., EVANS, A. J., PEARSON, J. A. Molecular aspects of the synthesis and deposition of hens' egg yolk with special reference to low density lipoprotein. **Poultry science**, v.72, p.850-855, 1993.
- 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.
- CIE **Proceedings** 1931, Cambridge University Press, Cambridge, 1932. Disponível em: <<http://members.eunet.at/cie/>>. Acesso em: 12/03/2008.
- COSTA, F.G.P.; GOMES, C.A.V; SILVA, J.H.V.; et al. Efeitos da adição de extrato oleoso de urucum na ração de poedeiras com substituição parcial ou total do milho pelo sorgo de baixo tanino. **Acta Scientiarum**, v.28, p.409-414, 2006.
- DSM – Nutritional Products of North América. **Fedd carotenoids: Carophyll. In: Carotenoids in animal nutrition**. Disponível em: <http://www.dsm.com/en_US/html/dnpus/an_carotenoids.htm>. Acesso em: 10/03/2008.
- EDENS, F. W. Involvement of sel-plex in physiological stability and performance of broiler chickens. in: Biotechnology in the feed industry. Annual symposium, 17th (T.P. Lyons and K.A. Jacques, eds). **Proceedings...** Nottingham University Press. Nottingham press. Nottingham, UK. p. 349-376, 2001.
- ETCHES, R. J. **Reproduction in poultry**. Cab International, 1st. ed., Guelph, Ontário, Canada. 196p, 1996.
- FAQUINELLO, P.; MURAKAM, A. E.; CELLA, P. S.; et al. Hight tannin sorghum in diets of Japanese Quail (*Coturnix coturnix japonica*). **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 6, p. 8-86, 2004.
- FARIA, D. E. Sorgo para poedeiras. In: SIMPÓSIO SOBRE ALIMENTOS NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2. **Anais...** CBNA: Uberlândia, MG. p 73-83, 2002.
- FARRELL, D. J., ATMAMIHARDJA, S.I., PYM, R.A.E. Calorimetric measurements of the energy and nitrogen metabolism of Japanese quail. **British Poultry Science**, v.23, n.5, p. 375-382, 1982.
- FERNANDES, E. A. Utilização de grão de sorgo na nutrição de frangos de corte. In: SIMPÓSIO SOBRE ALIMENTOS NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2. **Anais...** CBNA: Uberlândia, MG. p. 58-71, 2002.

- FIALHO, E.T.; LIMA, J.A.F.; OLIVEIRA, V.; ET AL. Digestibilidade de nutrientes e desempenho de suínos dos 10 aos 30 kg alimentados com sorgo (BT). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, p. 333-335, 1998.
- FURLAN, A. C., OLIVEIRA, A. M., MURAKAMI, A. E., et al. Valores energéticos de alguns alimentos determinados com codornas Japonesas (*Coturnix coturnix japonica*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n.6, p.1147-1150, 1998.
- GALOBART, J.; SALA, R.; RINCO, X.; et al. Egg Yolk Color as Affected by Saponification of Different Natural Pigmenting Sources. **Journal Applied of Poultry Research**, v.13, p. 328–334, 2004.
- GARCIA, E.A; MENDES, A.A.; PIZZOLANTE, C.C. et al. Efeito dos Níveis de Cantaxantina na Dieta Sobre o Desempenho e Qualidade dos Ovos de Poedeiras Comerciais. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 04, p. 01-07, 2002.
- GAWECKI, K.; POTKANMSKI, A.; LIPINSKA, H. Effect of *carophyll* Yellow and *carophyll* Red added to commercial feeds for laying hens on yolk color and its stability during short-term refrigeration. **Roczniki Akademii Rolniczes W Poznaniu**, v. 94, p. 85-93, 1977.
- GOMES, F.A., FASSANI, E.J., RODRIGUES, P.B., SILVA FILHO, J.C. Valores energéticos de alguns alimentos utilizados em rações para codornas japonesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.396-402, 2007
- GONÇALVES, F.M.; RECH, J.L.; RUTZ, F.; ET AL. Influência da fonte de selênio na coloração da gema do ovo. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPel, 14., 2006, Pelotas. **Anais eletrônicos...** Pelotas: UFPel, 2006. Disponível em: <[http:// www.ufpel.edu.br/cic/2006/arquivos/indice_CA.html](http://www.ufpel.edu.br/cic/2006/arquivos/indice_CA.html)>. Acesso em: 01/03/2008.
- GONZALES, E., SARTORI, J. R. **Aditivos para rações de aves e suínos**. Apostila acadêmica. Botucatu: FCA, p. 40-42, 1999.
- HALAJ, M.; HALAJ, P.; VALASEK, F.; et al. The effect of synthetic pigment addition to feed on the color of hen egg yolk. **Czech Journal of Animal Science**, v.44, p.187-192, 1999.
- HARMS, R. H., BURESH, R. E., DAMRON, B. L. The in vivo benefit of ethoxyquin for egg yolk pigmentation. **Poultry Science**, v.63, p.1659-1660, 1984.
- HAWKES, W.C.; ALKAN, F.Z.; OEHLER, L. Absorption, Distribution and Excretion of Selenium from Beef and Rice in Healthy North American Men. **Journal of Nutrition**, v. 133, p. 3434–3442, 2003.
- HUNTER, R.S.; HAROLD R.W. **The Measurement of Appearance**. John Wiley & Sons, New York. Ed. 2, 1987.

- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola Safra 2007/2008**. Disponível em: <http://www.ibge.com.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_200807_7.shtm> Acessado em 29/03/2008 às 15h: 33 min.
- IP, C. Lessons from basic research in selenium and cancer prevention. **Journal of Nutrition**. v. 128, p.1845-1854, 1998.
- IPA – Instituto Pernambucano de Pesquisa Agropecuária. **Cultivar de sorgo não-taninosa para produção de grãos e restolho IPA 7301011**. Circular técnica, IPA: Recife/PE, 2008.
- JACOB, J. P.; MITARU, B. N.; MBUGUA, P. N. et al. The feeding value of Kenyan sorghum, sunflower seed cake and sesame seed cake for broilers and layers. **Animal Feed Science Technology**, v. 61, p. 41 – 56, 1996.
- JACQUES, K. A. Selenium metabolism in animal: The relationship between dietary selenium and physiological response. In: Biotechnology in the Feed Industry. Animal Symposium, 17th (T.P. Lyons and K.A. Jacques, eds.). **Proceedings...** Nottingham University Press. Nottingham, UK, p. 319-348, 2001.
- JIAKUUA, L.; XIAOLONG, W. Effect of dietary organic versus inorganic selenium in laying hens on the productivity, selenium distribution in egg and selenium content in blood, liver and kidney. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v.18, p.65-68, 2004.
- KHALIFA, N. A.; EL ZUNBEIR, E. A.; MUSTAFA, E. A. Use of gluten sorghum feed as a substitute for soybean meal in layer diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 48, p. 165 – 168, 1994.
- KENN, C. L. e GRAHNM, T. W. **Trace elements**. In: Clinical Biotechnology of Domestic Animals. 4th ed. Laneko, ed. Academic Press, San Diego. 284p. 1989.
- KISHIBE, R; PEREIRA, A; BORGES, A. S. et al. Norbixina como pigmentante das gemas de ovos de poedeiras comerciais. In: CONGRESSO DE PRODUÇÃO E CONSUMO DE OVOS, **Anais...**, 2ed, São Paulo, SP. APA, 182p. 2000.
- KLASING, K.C. Amino acid. In: KLASING, K.C. 1998. Comparative avian nutrition. Wallingford, UK: CAB International, p.133-170.
- LATSCHA, T. **Carotenoids in Animal Nutrition**. F. Hoffmann-La Roche, Basel, Switzerland. 1990.
- LEESON, S.E., SUMMERS, J.D. **Commercial Poultry Nutrition**. 2nd edition, University Books, Guelph, Ontário, Canada. 350p. 1997.
- MAIER, J. C. Desempenho de poedeiras alimentadas com rações à base de sorgo armazenado em anos diferentes. In: XX REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIAS – Pelotas, RS, **Anais...**, p. 29. 1983.

- MALIK D. P.; QUISENBERRY, J. H., Effects of feeding various milo, corn and protein levels on laying house performance of egg production stock. **Poultry Science**, Manasha, v.42, p.625-633, 1963.
- MARUSICH W.L.; BAUERNFEIND, J.C. **Oxycarotenoids in poultry feeds**. In: Carotenoids as Colorants and Vitamin A Precursors: Technological and Nutritional Applications. J.C. Bauernfeind, ed. Academic Press, New York, NY. p. 319-462, 1981.
- MELO, D.A.; SILVA, J.H.V.; ANDRADE, I.S.; et al. Níveis de substituição do milho pelo sorgo e uso do extrato oleoso de bixina como corante da gema dos ovos de codornas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Santa Maria, RS. **Anais...** UFSM: SBZ. Nutrição de Não Ruminantes. 2003. CD-ROM.
- MELO, D. A.; DA SILVA, J. H. V.; ANDRADE, I. S. et al. Níveis de substituição do milho pelo sorgo e uso do extrato oleoso de bixina como corante da gema dos ovos de codornas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIAS, 20, Pelotas, RS, **Anais...**, p. 305-317, 2000.
- MIRANDA, J.E.C.; PEREIRA, J.R. **Tipos de sorgo para silagem**: EMBRAPA Gado de Leite (Instrução técnica para o produtor de leite, 51), 2001. 2 p.
- MOURA, A.M.A.; OLIVEIRA, N.T.E.; THIEBAUT, J.T.L.; et al. Efeito da temperatura de estocagem e do tipo de embalagem sobre a qualidade de ovos de codornas japonesas (*Coturnix japonica*). **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.578-583, 2008.
- MURAKAMI, A.E., MORAES, V.M.B., ARIKI, J., JUNQUEIRA, O.M., KRONKA, S.N. Níveis de proteína e energia em rações para codornas Japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.22, n.4, p.534-540, 1993.
- MURAKAMI, A.E. Nutrição e alimentação de codornas em postura. In: Simpósio sobre Nutrição Animal e Tecnologia da Produção de Rações, **Anais...** Campinas SP: CBNA, p. 19-38, 1998.
- MUSTAFA, E.A.; EL ZUBEIR, E.A. Use of sorghum gluten feed as a substitute for soybean meal in diet for broiler chicks. **World Animal Review**, v.76, p. 58-61, 1993.
- MYER, R.O.; GORBET, D.W.; COMBS, G.E.. Nutritive value of high and low-tannin grain sorghums harvested and stovermelho in the high-moisture state for growing-finishing swine. **Journal Animal Science**. v.62, n.3, p.1290-1297, 1986.
- NUTRIENT Requirements of Poultry. 9.ed. Washington: **National Research Council**, 1994, p.44-45.
- OLIVEIRA, N.T.E. Exigências de proteína bruta e energia metabolizável para codornas japonesas criadas para a produção de carne. **Dissertação** (Mestrado

em Produção Animal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 2000. 98p.

- OLIVEIRA, N.T.E., FONSECA, J.B., SOARES, R.T.R.N., LOMBARDI, C.T., MERCADANTE, M.B. Determinação da energia metabolizável de diferentes alimentos testados em codornas japonesas fêmeas. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.1, p.210-217, 2007.
- PATON, N.D.; CANTOR, A.H.; PESCATORE, A.J. et al . Absorption of selenium by developing chick embryos during incubation. In: BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY. ALLTECH'S 18TH ANNUAL SYMPOSIUM. **Proceedings...** (T.P. Lyons and K.A. Jacques, eds), Nottingham University Press, Nottingham, UK, p.35-55, 2002.
- PAYNE, R.L.; LAVERGNE, T.K.; SOUTHERN, L.L. Effect of Inorganic Versus Organic Selenium on Hen Production and Egg Selenium Concentration. **Poultry Science**, v.84, p.232-237, 2005.
- PEE, S.; WEST, C.E. Dietary carotenoids and their role in combating vitamin A deficiency: A review of the literature. **Eur. J. Clin. Nutr. Suppl**, v.50, n.3, p.S38-S53, 1996.
- PEREIRA, A.V.; KISHIBE, R.; LODDI, M.M. et al. Utilização da bixina como pigmentante natural da gema de ovos de poedeiras comerciais. In: CONGRESSO DE PRODUÇÃO E CONSUMO DE OVOS, 2 ed, São Paulo, SP. **Anais...**, APA, 181 p. 2001.
- RIBAS, P.M. **Sorgo: introdução e importância**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 26), 2003.16 p.
- ROCHA, V.R.R.A.; DUTRA JR, W.M.; RABELLO, C.B.V.; et al. Substituição total do milho por sorgo e óleo de abatedouro avícola em dietas para frangos de corte. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.37, n.1, p.95-102, 2008.
- RODRIGUES, P.B.; FREITAS, R.T.F.; FIALHO, E.T.; ET AL. Digestibilidade dos nutrientes e desempenho de suínos em crescimento e terminação alimentados com rações à base de milho e sorgo suplementadas com enzimas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, n.2, p.83-90, 2002.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suíno: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa: UFV, DZO, 2005. 186 p.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal : Funep, 2007. 283 p.
- SANTOS, M.S.V.; ESPÍNDOLA, G.B.; FUENTES, M.F.F. Utilização de complexo enzimático em dietas à base de sorgo-soja para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.811-817, 2006.

- SAVORY, C.J., GENTLE, J. Changes in food intake and gut size in Japanese quail in response to manipulation of dietary fibre content. **British Poultry Science**, v.17, p. 561-570,1976.
- SCHEUERMANN, N.G. Utilização do sorgo em rações para frangos de corte. **Avicultura Industrial**, n.11, 1107 (94),. p.95-96, 2003.
- SCHRAUZER, G. N. Selenomethionine: A Review of Its Nutritional Significance, Metabolism and Toxicity. Recent Advances in Nutritional Sciences. **Journal of Nutrition**, v.130, p.1653–1656, 2000.
- SHAFEY, T. M.; DINGLE, J. G, M.; MCDONALD, W. et al. Effect of Type of Grain and Oil Supplement on the Performance, Blood Lipoproteins, Egg Cholesterol and Fatty Acids of Laying Hens. **International Journal of Poultry Science**, v. 3, p. 200-206, 2003.
- SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações, modificações**. São Paulo: Livraria Varela, 1996. p. 36.
- SIBBALD, I.R. The effects of dietary cellulose and sand on the combined metabolic plus endogenous energy and aminoacid outputs of adult cockerels. **Poultry Science**, v. 59, p.836-844, 1980.
- SILVA, J.H.V.; ALBINO, L.F.T.; GODÓI, MJS. Efeito do extrato de urucum na pigmentação da gema dos ovos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 29, n. 05, p. 1435-1439, 2000.
- SILVA, J.H.V.; SILVA, M.B.; SILVA, E.L. et al. Energia metabolizável de alimentos determinada com codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, supl.2, p.1912-1918, 2003.
- SILVA, J.H.V.; SILVA; J.L.; JORDÃO FILHO, J.; et al. Resíduo da semente de urucum (*Bixa orellana* L.) como corante da gema, pele, bico e ovário de poedeiras avaliado por dois métodos analíticos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 988-994, set./out., 2006.
- SINDIRAÇÕES – Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal. **Perfil da Demanda de macronutrientes em 2007**. São Paulo: Sindirações. Disponível em:http://www.sindiracoes.org.br/produtos_servicos/default.asp?cod=16&flag=cont. Acesso em 15/03/2008.
- SUBRAMANIAN, V.; METTA, V.C. Sorghum Grain for Poultry Feed. In: TECHNICAL AND INSTITUTIONAL OPTIONS FOR SORGHUM GRAIN, OLD MANEGMENT: **Proceedings**...International consultation, p. 242-247, 2000.
- SURAI, PF. **Organic selenium and the egg: lessons from nature**. Feed Comp., v.20, p.16-8, 2000.

- SURAI, P. F., Tissue-specific changes in the activities of antioxidant enzymes during the development of the chicken embryo. **British Poultry Science**, v.40, p.397-405, 1999.
- TORRISEN, O.J.; HARDY, R.W.; SHEARER, K.D.; et al. Effect of dietary canthaxanthin level and lipid level on apparent digestibility coefficients for canthaxanthin in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 88, p. 351-362, 1990.
- TORRISEN, O.J.; NAEVDAL, G. Pigmentation of salmonids: Variation in flesh carotenoids of Atlantic Salmon. **Aquaculture**, v.68, p. 305-310, 1998.
- VIANA, S. P.; MONTEIRO, E. S.; CARVALHO, J. P. et al. Emprego de sorgo em rações para aves de postura. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 20, Pelotas, RS, **Anais...**, p. 20, 1983.
- X-RIDE. **A Guide to understanding color communication**. X-Ride Incorporated, 2002. Disponível em: http://www.xrite.com/company_press_room.aspx?Yr=2006. Acesso em: 22/12/2007.
- WAKEBE, M. Organic Selenium and egg freshness. Patent 10-23864. Feed for meat chickens and feed for laying hens. **Japanese Patent Office, Application Heisei**. 8-179629, 1998.
- YAROSHENKO, F.O.; DVORSKA, J.E.; SURAI, P.F.; ET AL. Selenium-enriched as a source of selenium for human consumption. Applied Biotechnology, **Food Science and Policy**, v.1, n.1, p.13-23, 2003.
- ZANZAD, A. G.; THEURER, B.; GARCIA, J. A. et al. Desempenho e qualidade de ovos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo sorgo. **Journal Animal Science**, v. 64, p.1348-1355, 2000.

4. EXPERIMENTOS

- 4.1. DETERMINAÇÃO DA ENERGIA METABOLIZÁVEL DE ALIMENTOS PARA CODORNAS JAPONESAS EM POSTURA (*Coturnix japonica*)
- 4.2. DESEMPENHO DE CODORNAS JAPONESAS (*Coturnix japonica*) EM POSTURA, ALIMENTADAS COM RAÇÕES CONTENDO DIFERENTES NÍVEIS DE SORGO
- 4.3. EFEITO DE PIGMENTANTES SINTÉTICOS E DO SELÊNIO ORGÂNICO SOBRE O DESEMPENHO E QUALIDADE DE OVOS DE CODORNAS JAPONESAS
- 4.4. EFEITO DOS PIGMENTANTES SINTÉTICOS SOBRE AS CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS DE OVOS DE CODORNAS JAPONESAS

4.1. DETERMINAÇÃO DA ENERGIA METABOLIZÁVEL DE ALIMENTOS PARA CODORNAS JAPONESAS EM POSTURA (*Coturnix japonica*)

RESUMO

Foram determinados os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida por retenção de nitrogênio (EMA_n) de cinco alimentos: milho, sorgo, farelo de soja, farelo de glúten de milho e óleo de soja refinado utilizando o método de coleta total de excretas de codornas japonesas durante o período de postura. Foram utilizadas 240 codornas japonesas (*Coturnix japonica*) fêmeas com idade inicial de 60 dias, em delineamento experimental inteiramente casualizado, com seis tratamentos, cinco repetições e oito codornas por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de cinco rações experimentais e uma ração referência. Cada ração experimental foi constituída, na base da matéria natural, por 70 % da ração referência e 30 % do ingrediente a ser testado, com exceção da ração para determinação da EMA_n do óleo de soja, com 10 % de inclusão e 90 % da ração referência. O ensaio biológico foi conduzido em gaiolas metálicas. Os valores de EMA e $EMAn$ (kcal/kg de matéria natural) do milho moído, sorgo, farelo de soja, farelo de glúten de milho e óleo de soja refinado foram 3.612, 3.572 e 91,4; 3.149, 3.108 e 100,8; 2.676, 2.633 e 74,0; 4.096, 4.043 e 88,8; 9.379, 9.335 kcal/kg e 90,0 minutos, respectivamente.

Palavras-chave: Ensaio de metabolismo, alimentos, nutrição de codornas,

*METABOLIZABLE ENERGY FOR DIFFERENT FEEDSTUFFS TESTED IN
JAPANESE FEMALE QUAILS*

ABSTRACT

Data on apparent metabolizable energy (AME) and apparent metabolizable energy corrected for nitrogen retention (AME_n) were determined in five feedstuffs used in Japanese quail rations. Two hundred and four Japanese female quails (*Coturnix japonica*), sixty-days-old were used in a completely randomized design, with five replicates and eight quails per experimental unit. The treatments consisted of six experimental rations and one reference ration. Each experimental ration was constituted, as fed basis, of 70 % of a reference ration and 30 % of the food that would be tested, except the ration that contained refined soybean oil that was constituted, as fed basis, with 10 % of oil and 90 % of the reference ration. The biological assay was carried out in wired floor cages, distributed in iron batteries. The data on AME and AMEn (kcal/kg of fed basis) and pass time (minutes) for ground corn, sorghum, soybean meal, corn gluten meal and refined soybean oil were respectively 3.612, 3.572 and 91.4; 3.149, 3.108 and 100.8; 2.676, 2.633 and 74.0; 4.096, 4.043 and 88.8; 9.379, 9.335 kcal/kg and 90.0 minutes.

Key words: Digestibility assay, food, quail nutrition

INTRODUÇÃO

Os nutricionistas de codornas seguem a tendência da nutrição de frangos de corte, a fim de refinar ao máximo as formulações de rações com o objetivo de atender as exigências nutricionais desta espécie. Para isso utiliza-se de informações obtidas de inúmeros ensaios biológicos a respeito do perfil bromatológico dos alimentos, assim como, de sua aplicação nas formulações com conseqüente melhoria na resposta do animal.

A codorna japonesa (*Coturnix japonica*, TEMMINCK e SCHLEGEL, 1849) foi submetida por um melhoramento genético visando à seleção de aves com elevado

potencial produtivo. Porém, para que as aves expressem o máximo potencial de produção é necessário atender suas exigências nutricionais em energia metabolizável, aminoácidos e cálcio e fósforo, por exemplo.

Segundo SAKOMURA e ROSTAGNO (2007), o conhecimento do valor energético dos alimentos é de fundamental importância nutricional e econômica, para a formulação de rações que resultem em ótimo desempenho dos animais.

Para estes autores, para avaliar um ingrediente antes de ser utilizado nas formulações das rações, há um protocolo experimental a ser seguido. Primeiro, o ingrediente deve ser encaminhado ao laboratório para análises químicas e de controle de qualidade. Posteriormente, deve ser realizada a determinação dos valores de energia digestível (ED) ou metabolizável (EM) para as diferentes espécies de animais.

A energia metabolizável (EM) é uma propriedade nutricional imprescindível, uma vez que em sistemas de criações onde se utiliza alimentação à vontade, o consumo alimentar é regulado pela densidade energética da ração. Além disso, as exigências de proteínas, aminoácidos e outros nutrientes são frequentemente expressos em função dos níveis de EM da ração (SILVA et al., 2003).

No entanto, a efetividade do método de formulação de rações é dependente da precisão com que a energia dos alimentos é determinada. O conhecimento prévio dos valores energéticos dos alimentos é necessário para formulação precisa e econômica das rações para aves (MATTERSON et al., 1965).

Segundo PENZ JR. et al. (1999), muitos fatores podem interferir nos resultados das avaliações de energia dos alimentos, entre os mais importantes podem-se citar: idade, protocolo experimental, granulometria, nível de fibra e gordura, processamento e espécie animal utilizada.

No balanceamento de rações para codornas, costumava-se empregar valores de energia para o milho e farelo de soja, usados para frangos de corte e poedeiras. Prática aparentemente incoerente em virtude das codornas apresentarem maior velocidade de passagem dos alimentos pelo trato gastrointestinal, o que leva a diferenças marcantes entre essas espécies nos processos digestivos e absorptivos dos alimentos (SILVA et al., 2003).

MURAKAMI e FURLAN (2002) mencionaram que o aproveitamento de determinado ingrediente e seu valor energético são influenciados pela taxa de passagem no trato digestório, além da quantidade, composição e aspecto físico do

ingrediente ingerido, teor de umidade, frequência e tempo de fornecimento do ingrediente, além das variações individuais.

Apesar de ainda não haver uma tabela de composição de alimentos especificamente para codornas, como as encontradas para frangos e galos, há informações na literatura que possibilitam compor formulações com valores energéticos de diversos alimentos determinados com codornas.

Nesse contexto, torna-se relevante determinar, por meio de ensaios de metabolismo, os valores de energia metabolizável aparente e energia metabolizável aparente corrigida por retenção de nitrogênio de alimentos utilizados em rações para codornas japonesas em fase de postura.

Estes resultados proporcionarão maior disponibilidade de dados sobre valores energéticos de alimentos para essa espécie, servindo de fonte para atualização das tabelas de composição de alimentos.

Este trabalho foi conduzido com o objetivo de determinar o valor de energia metabolizável aparente e aparente corrigida do milho, sorgo, farelo de soja, farelo de glúten de milho 60 e do óleo de soja refinado para codornas japonesas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Digestibilidade de Não-Ruminantes do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, utilizando-se 300 codornas japonesas fêmeas (*Coturnix japonica*), linhagem Fujikura.

As aves foram alojadas e criadas em piso, onde receberam ração formulada segundo exigências descritas pelo National Research Council (NRC) (NUTRIENT..., 1994), contendo 24% de proteína bruta e 2.900 kcal de EM/kg, até os 40 dias de idade.

Duzentos e quarenta aves, com 60 dias de idade, foram pesadas, selecionadas e alojadas em gaiolas metálicas (33 x 25 x 20 cm), sobrepostas em cinco andares com seis gaiolas. Cada gaiola foi equipada com comedouro e bebedouro tipo calha e bandeja para coleta das excretas, devidamente forrada com plástico branco. A partir dos 40 dias de idade, as aves foram mantidas sob um programa de luz contínuo de 17 horas/dia (natural + artificial).

As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos, cinco repetições e oito aves por unidade experimental. Os tratamentos foram constituídos por seis rações, sendo cinco experimentais e uma ração referência (Tabela 7). Os alimentos testados foram: milho, sorgo granífero (cultivar IPA 1011), farelo de soja, farelo de glúten de milho 60 e óleo de soja refinado.

Tabela 7 - Composição percentual da ração referência e valor nutricional calculado.

Ingrediente	(%)
Milho	56,047
Farelo de soja	33,826
Fosfato bicálcico	1,320
Calcário	5,182
Óleo de soja	2,713
Suplemento vitamínico e mineral ¹	0,500
Cloreto de sódio (sal comum)	0,333
DL-metionina, 99%	0,070
Antioxidante ²	0,010
Valor nutricional calculado	
Energia metabolizável, kcal/kg	2.900
Proteína bruta, %	20,00
Metionina + cistina total, %	0,82
Metionina total, %	0,50
Lisina total, %	1,30
Treonina total, %	0,76
Cálcio, %	0,80
Fósforo disponível, %	0,30
Sódio, %	0,15

¹Puramix Codorna (Quantidade por kg do produto): Metionina – 218000 mg; Cianocobalamina – 10000 mcg; Ácido fólico – 400 mg; Pantotenato de cálcio – 3000 mg; Biotina – 10 mg; Colina – 126.000 mg; Niacina – 7000 mg; Piridoxina – 800 mg; Tiamina – 800 mg; Riboflavina – 1200 mg; Menadiona – 500 mg; Vit.A – 2000000 UI; Vit.D3 – 50000 UI; Vit.E – 10000 UI; Cobre – 2000 mg; Ferro – 16000 mg; Iodo – 200 mg; Manganês – 18000 mg; Zinco – 14000 mg; Selênio – 10000 mcg.

²Butil-hidroxi-tolueno (BHT).

Cada ração experimental foi constituída, na base da matéria natural, por 70% da ração referência e 30% do ingrediente a ser testado, à exceção da ração contendo óleo de soja refinado, que se utilizou 10% de inclusão e 90% da ração referência.

O período experimental foi de oito dias, sendo quatro dias de adaptação e quatro de coleta de excretas. O fornecimento de ração foi *ad libitum* (à vontade), duas vezes ao dia e ao final do período de coleta foi determinado o consumo de ração pela diferença entre a quantidade fornecida e as sobras.

Foi utilizado o método tradicional de coleta total de excretas, usando o óxido férrico (1%) como marcador fecal para indicar o início e final do período de coletas. As excretas foram coletadas duas vezes ao dia (8h e 16h), retirando penas, grânulos de ração dentre outros possíveis contaminantes macroscópicos.

Após as coletas, as excretas foram pesadas, acondicionadas em sacos plásticos identificados de acordo com sua parcela e armazenadas em freezer (-20°C) até o período final de coleta em cada ensaio, quando as excretas foram descongeladas, homogeneizadas e pesadas, retirando-se 450 g de amostra por parcela. As amostras foram secas em estufa de ventilação forçada por 72 horas a 55°C. Após a pré-secagem, foram moídas e acondicionadas em potes plásticos para posteriores análises.

Ao final do ensaio, foram realizadas as análises bromatológicas dos ingredientes e das excretas para as determinações de matéria seca (MS), nitrogênio total e energia bruta, de acordo com as metodologias descritas por SILVA e QUEIROZ (2002), no Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal (LZNA) do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias (CCTA), da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF). A energia bruta foi determinada em bomba calorimétrica adiabática PARR, (modelo 1271) e o nitrogênio em aparelho semimicro Kjeldahl.

A partir destes dados foram determinados os valores de energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida para retenção de nitrogênio (EMAn) e do coeficiente de metabolização aparente da energia bruta (CMAEB), utilizando-se as equações descritas por MATTERSON et al. (1965), conforme listadas abaixo:

- $EMA_{\text{Ração}} \text{ (kcal/kg MS)} = \frac{[(MS_{\text{ingerida}} \text{ (g)} \times EB_{\text{Ração}}) - (MS_{\text{excretada}} \text{ (g)} \times EB_{\text{excretada}})]}{MS_{\text{ingerida}} \text{ (g)}}$
- $EMA_{\text{Ingrediente}} \text{ (kcal/kg MS)} = EM_{\text{RR}} + [(EM_{\text{RE}} - EM_{\text{RR}}) \div PSA_{\text{RR}}]$

- $EMAn_{\text{Ração}} \text{ (kcal/kg MS)} = [(MS_{\text{ingerida}} \text{ (g)} \times EB_{\text{Ração}}) - (MS_{\text{excretada}} \text{ (g)} \times EB_{\text{excretada}})] \pm 8,22 \text{ BN} \div MS_{\text{ingerida}} \text{ (g)}$
- $BN = (MS_{\text{ingerida}} \text{ (g)} \times \% N_{\text{Ração}} \div 100) - (MS_{\text{excretada}} \text{ (g)} \times \% N_{\text{Excreta}} \div 100)$
- $EMAn_{\text{Ingrediente}} \text{ (kcal/kg MS)} = EMAn_{\text{RR}} + [(EMAn_{\text{RE}} - EMAn_{\text{RR}}) \div PSI_{\text{RR}}]$
- $CMAEB_{\text{ingrediente}} \text{ (\%)} = (EMA_{\text{ingrediente}} \div EB_{\text{ingrediente}}) \times 100$

Legenda:

MS – matéria seca; RR – ração referência; RE – ração experimental; PSI_{RR} – proporção de substituição do ingrediente na ração referência; EB – energia bruta; BN – balanço de nitrogênio; N – nitrogênio; EMA - energia metabolizável aparente; CMAEB – coeficiente de metabolização aparente da energia bruta.

O fator 8,22 = fator que corresponde a 8,22 kcal de energia por grama de nitrogênio retido.

Os valores de temperatura e de umidade foram registrados diariamente em três horários (8:00h, 13:00h e 17:00h). As temperaturas média, máxima e mínima foram: 26,6, 28,2 e 25,4°C, respectivamente, e a umidade relativa do ar média foi de 78% durante o período experimental

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de matéria seca, de proteína bruta e energia bruta do milho, sorgo, farelo de soja, farelo de glúten de milho 60 e óleo de soja encontram-se na Tabela 8.

Tabela 8 - Valores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) dos alimentos utilizados nas rações.

Ingrediente	MS (%)	PB (%) ¹	EB ¹ (kcal/kg)
Milho	87,17	8,38	3.901,15
Sorgo	86,34	10,99	3.893,32
Farelo de Soja	86,64	45,00	4.099,29
Farelo de Glúten de Milho 60	91,96	65,71	5.460,26
Óleo de Soja Refinado	99,65	--	9.297,25

¹ % na matéria natural

Os valores médios e os desvios padrão de energia metabolizável aparente e energia metabolizável aparente corrigida por retenção de nitrogênio, expressos em kcal por kg de matéria natural, e de matéria seca metabolizável aparente (%) são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Valores médios e desvios padrão de energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida por retenção de nitrogênio (EMAn) e coeficiente de metabolização aparente da energia bruta (CMAEB) dos alimentos testados em codornas japonesas.

Ingrediente	EMA ¹	EMAn ¹	CMAEB ¹
	kcal por kg		%
Milho	3.572 ± 104,9	3.612 ± 92,80	92,59 ± 7,25
Sorgo	3.108 ± 256,7	3.149 ± 262,8	80,89 ± 8,53
Farelo de Soja	2.637 ± 121,2	2.676 ± 122,5	65,29 ± 3,56
Farelo de Glúten de Milho	4.043 ± 126,6	4.096 ± 136,0	75,02 ± 16,7
Óleo de Soja Refinado	9.335 ± 248,5	9.379 ± 397,1	98,85 ± 1,76

¹Valores expressos em kcal por kg de matéria natural.

Os valores de EMA e EMAn do milho foram superiores aos obtidos por OLIVEIRA et al. (2007), SILVA et al. (2003) e FURLAN et al. (1998), que encontraram valores de 3.124 e 3.122; 3.340 e 3.354; e 3.444 e 3.429 kcal/kg, respectivamente.

Para o sorgo, os valores de EMA e EMAn foram inferiores aos 3.238 e 3.350 kcal/kg determinados por GOMES et al. (2007). Por outro lado, o valor de EMAn deste estudo foi compatível com os 3.192 kcal/kg descrito nas Tabelas Brasileiras de Aves e Suínos (ROSTAGNO et al. 2005), determinados em outras espécies de aves.

Para o farelo de soja os valores de EMA e EMAn obtidos neste estudo foram semelhantes aos determinados por GOMES et al. (2007), OLIVEIRA et al. (2007), SILVA et al. (2003) e FURLAN et al. (1998), que obtiveram, respectivamente, 2.616 e 2.769; 2.633 e 2.651; 2.718 e 2.456; 2.565 e 2.592 kcal/kg. A similaridade entre os valores relatados, possibilita a utilização desses valores em matrizes nutricionais dos programas de formulação de rações para codornas devido à baixa amplitude entre os resultados descritos pelos diversos autores.

O farelo de glúten de milho 60, comercialmente chamado de protenose ou glutenose, apresentou valor 11,28% inferior de EMA aos 4.558 kcal/kg descritos por SILVA et al. (2003). Porém, o valor de 3.992 kcal/kg EMAn determinado por esses autores foi semelhante aos 4.096 kcal/kg determinados neste estudo.

Já para o óleo de soja refinado, os valores de 9.335 e 9.379 kcal/kg de EMA e EMAn, respectivamente, determinados neste estudo foram 7,54% e 5,44% inferiores aos determinados por GOMES et al. (2007), que determinaram valores de 8.622 e 8.777 kcal/kg de EMA e EMAn, respectivamente com codornas japonesas com aproximadamente 130 dias de idade. Essa diferença é altamente significativa, pois, apesar do valor percentual reduzido, a diferença entre os resultados é de aproximadamente 500 kcal/kg. Para fins de formulação, devem-se considerar semelhantes ingredientes com valores energéticos de no máximo 100 kcal/kg (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007).

OLIVEIRA et al. (2007) determinaram valores de 8.065 e 7.940 kcal/kg das mesmas variáveis para o óleo de soja degomado. Cabe ressaltar que, o valor de energia bruta desse produto é inferior ao do óleo de soja refinado devido, principalmente, a diferenças na composição dos ácidos graxos. O óleo de soja degomado apresenta maior proporção de ácidos graxos de cadeia longa, que dificulta sua metabolização quando incluído em elevadas proporções na ração.

As Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2005) têm sido utilizadas como referencial nas formulações de rações para codornas. Segundo descrito na citada referência, o valor de EMAn do milho, sorgo, farelo de soja, farelo de glúten de milho e óleo de soja, são respectivamente, 3.381, 3.192, 2.256, 3.696 e 8.790 kcal/kg de matéria natural. Os valores são discrepantes aos determinados neste estudo, o que justifica a realização de experimentos para determinação do valor energético de alimentos para codornas, utilizando a própria espécie como modelo animal e não valores tabelados provenientes de outras espécies.

O valor do coeficiente de metabolização aparente da energia bruta (CMAEB) do milho (92,59%) foi superior aos 88,99% e 74,57% relatados por FURLAN et al. (1998) e SILVA et al. (2003), respectivamente.

Os valores do CMAEB do farelo de soja (65,29%), sorgo (80,89%) e óleo de soja refinado (98,85%) foram semelhantes aos valores determinados por GOMES et al. (2007), que encontraram 62,90%, 86,61% e 92,96%, respectivamente. FURLAN

et al. (1998) também encontraram valor semelhante de CMAEB para o farelo de soja (63,29%), enquanto SILVA et al. (2003) determinaram valor inferior (50,12%).

O menor CMAEB do farelo de soja deve-se principalmente ao seu elevado teor de fibra bruta (5,40%), em relação ao milho (1,7%), que promove menor tempo de passagem no trato gastrintestinal das codornas e, conseqüentemente, menor metabolização da energia bruta.

As variações no CMAEB dos ingredientes entre os determinados no presente estudo quando comparados aos valores descritos por GOMES et al. (2007), OLIVEIRA et al. (2007), SILVA et al. (2003) e FURLAN et al. (1998) devem provavelmente, ao conteúdo de energia bruta e a composição dos ingredientes e pelos efeitos associados a cada experimento, uma vez que são inúmeros os fatores que interferem na metabolização da energia e dos nutrientes.

Devem-se realizar outros experimentos sobre digestibilidade de alimentos a fim de se obter maior disponibilidade e confiabilidade de dados para codornas japonesas e ratificar as observações sobre o uso indevido de valores de EM de alimentos testados com outras espécies de aves em rações de codornas.

CONCLUSÃO

1 - Os valores de energia metabolizável aparente e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio, para codornas japonesas em postura, do milho, sorgo, farelo de soja, farelo de glúten de milho e óleo de soja refinado, são: 3.612 e 3.572; 3.149 e 3.108; 2.676 e 2.633; 4.096 e 4.043; 9.379 e 9.335 kcal/kg de matéria natural, respectivamente.

2 - Os valores de energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio do milho, sorgo, farelo de soja, farelo de glúten de milho e óleo de soja refinado para codornas japonesas são diferentes aos utilizados para outras espécies de aves, não sendo recomendada a utilização de valores tabelados para outras espécies.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FURLAN, A. C., OLIVEIRA, A. M., MURAKAMI, A. E., et al. Valores energéticos de alguns alimentos determinados com codornas Japonesas (*Coturnix coturnix japonica*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.6, p.1147-1150. 1998.
- GOMES, F.A., FASSANI, E.J., RODRIGUES, P.B., SILVA FILHO, J.C. Valores energéticos de alguns alimentos utilizados em rações para codornas japonesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.396-402. 2007.
- MATTERSON, L.B., POTTER, L.M., STUTZ, M.W., SINGSEN, E.P. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. **Research Report**, v.7, p.3-11. 1965.
- MURAKAMI, A.E.; FURLAN, A.C. Pesquisa na nutrição e alimentação de codornas em postura no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE COTURNICULTURA, 1., 2002, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, p.113-120. 2002.
- NUTRIENT requirements of poultry. 9.ed. Washington: **National Research Council**, p.44-45. 1994.
- OLIVEIRA, N.T.E., FONSECA, J.B., SOARES, R.T.R.N., LOMBARDI, C.T., MERCADANTE, M.B. Determinação da energia metabolizável de diferentes alimentos testados em codornas japonesas fêmeas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.1, p.210-217. 2007.
- PENZ JR., A.M.; KESSLER, A.M.; BRUGALLI, I. Novos conceitos de energia para aves. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, 1999, Campinas, **Anais...** Campinas: FACTA, 1999. p.1-24.
- ROSTAGNO, H.S., ALBINO, L.F.T., DONZELE, J.L., GOMES, P.C., FERREIRA, A.S., OLIVEIRA, R.F., LOPES, D.C. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos - Composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 141p. 2005.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal : Funep, 2007. 283 p.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.
- SILVA, J.H.V.; SILVA, M.B.; SILVA, E.L. et al. Energia metabolizável de alimentos determinada com codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, supl.2, p.1912-1918, 2003.
- TEMMINCK, C.; H. SCHLEGEL. **Description des oiseaux observés au Japon par les voyageurs Hollandais**. In: P.F. von Siebold, (ed.). II. Aves: 142p. 1849.

4.2 DESEMPENHO DE CODORNAS JAPONESAS (*Coturnix japonica*) EM POSTURA ALIMENTADAS COM RAÇÕES CONTENDO DIFERENTES NÍVEIS DE SORGO

RESUMO

Objetivou-se, com este estudo, avaliar o desempenho de codornas japonesas (*Coturnix japonica*, TEMMINCK e SCHLEGEL, 1849) alimentadas com sorgo baixo tanino em diferentes níveis de substituição ao milho. Foram utilizadas 210 codornas japonesas fêmeas, com 66 dias de idade, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos (T1: 0; T2: 25; T3: 50; T4: 75 e T5: 100%) e seis repetições contendo sete aves. O experimento teve duração de 112 dias e foram avaliadas as seguintes características: peso médio das aves (g), produção média de ovos (ave/dia/%), consumo de ração (g/ave/dia), peso dos ovos (g), massa de ovos (g/ave/dia), conversão alimentar (g/dz e g/g), peso casca (g), peso da gema (g), peso do albume (g), espessura da casca (mm), cor da gema (escore e colorímetro) e avaliação de custo das rações. Não houve efeito significativo ($p>0,05$) para nenhuma das variáveis de produção. Porém, foi verificado efeito linear negativo ($p<0,05$) para cor da gema, em que houve redução na coloração da gema com aumento dos níveis de sorgo na ração. O custo da ração reduziu proporcionalmente com o aumento do sorgo na formulação. A utilização de pigmentantes exógenos deve ser considerada sob o aspecto econômico e de exigência de mercado. Conclui-se que a substituição total do milho pelo sorgo na ração de codornas japonesas é viável sob o aspecto nutricional e econômico.

Palavras-chave: avaliação de alimentos, ingredientes alternativos, coturnicultura, nutrição de não-ruminantes, qualidade do ovo.

PERFORMANCE OF LAYING JAPANESE QUAIL (Coturnix japonica) FED RATIONS WITH DIFFERENT SORGHUM (Sorghun bicolor, L. Moench) LEVELS

ABSTRACT

This experiment was carried out to evaluate the effects of replacing corn by low tannin sorghum in diets of Japanese quails (*Coturnix japonica*) on performance and egg quality. Two hundred and ten quails 65 days old were evaluated during 84 days. The treatments consisted of diets containing 0, 25, 50, 75 and 100% of sorghum. A completely randomized experimental design was used, with five treatments, six replicates and seven quails for experimental unit. Evaluated parameters were quail weight (g), egg production (%), feed intake, feed: gain ratio (g/g and g/dozen), egg mass (g), egg weight and egg quality (eggshell weight, yolk weight, albumen weight, shell thickness and yolk color). The increasing sorghum levels had a negative linear effect ($p < 0.05$) on yolk color ($Y = 7.750 - 0.0564X$; $R^2 = 0.91$). There were no differences ($p > 0.05$) for all characteristics of production. Feed cost decreased as sorghum level. The utilization of synthetic pigments must consider the cost of feed and marker preference. It was concluded that total replacement of corn by sorghum is nutritionally and economically viable for Japanese quail.

Keywords: alternative ingredients, egg quality, food evaluation, non-ruminants nutrition, quail breeding.

INTRODUÇÃO

A coturnicultura tem se mostrado como uma atividade pecuária cada vez mais comprometida com a eficiência produtiva, competitividade e aumento na produção de proteína de origem animal.

Essa atividade tem se destacado como boa opção na geração de emprego e renda em pequenas propriedades. Porém, grandes empresas têm investido na

atividade, através da modernização de instalações, qualificação de mão-de-obra, melhoramento genético das linhagens e em formulações de rações mais adequadas ao potencial produtivo da espécie (BERTECHINI et al. 2002).

Os pesquisadores da área têm colaborado para a consolidação da coturnicultura, através da geração de informações científicas referentes às diversas áreas da produção animal, tais como: seleção de linhagens mais produtivas, nutrição, sistemas de criação, ambiência, instalações e sanidade.

No âmbito da nutrição de codornas, as pesquisas têm sido direcionadas principalmente para a determinação das exigências nutricionais e avaliação de alimentos para as linhagens de postura e corte nas suas respectivas categorias. Os alimentos não-convencionais têm sido foco constante dessas pesquisas, uma vez que a tendência é buscar alimentos para animais que não sejam utilizados na alimentação humana ou que são descartados pelas agroindústrias .

O principal ingrediente que compõe as rações das aves é o milho, que representa cerca de 60 a 70% do custo das formulações. Essa situação tende a se agravar, uma vez, que o Brasil vem reduzindo a oferta do grão no mercado interno para exportá-lo a países até então supridos pelo milho oriundo dos Estados Unidos - maior exportador mundial. A consequência no desequilíbrio da lei de oferta-procura é o aumento dos preços desta *commoditie* no mercado.

Para as atividades pecuárias, altamente dependentes deste insumo, têm se buscado ingredientes não-convencionais para sua substituição parcial ou total. Segundo SCHEUERMANN (2003), dentre as diversas opções pesquisadas, aquela que mais se aproxima das características nutricionais do milho é o sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench).

Tecnicamente, o sorgo pode substituir o milho em até 100% nas rações de frangos de corte (BARCELLOS et al., 2006 e ROCHA et al., 2008), poedeiras (COSTA et al., 2006 e ASSUENA et al., 2008) e codornas (MELO et al., 2003), sem prejudicar o desempenho dos animais.

O custo do sorgo situa-se entre 70 a 80% ao valor do milho, mas deve-se levar em conta que quando se utiliza sorgo na alimentação de poedeiras, deve ser efetuada uma correção do valor energético, aminoacídico e da inclusão de fontes de pigmentação (SILVA et al., 2000).

SANTOS et al. (2006) realizaram uma análise para verificar a viabilidade econômica da substituição do milho pelo sorgo para frangos de corte. A pesquisa

revelou variação no custo por quilo de peso vivo produzido entre os tratamentos. Constataram que a melhor conversão alimentar, e conseqüentemente, o menor custo de produção, ocorreu nas aves alimentadas com as dietas inicial e final com 50% de sorgo.

Poucos trabalhos foram conduzidos para avaliar a viabilidade nutricional e econômica da utilização do sorgo para codornas japonesas.

FAQUINELLO et al. (2004) avaliaram a substituição do milho pelo sorgo com alto tanino (AT) em codornas japonesas sobre o desempenho produtivo e qualidade de ovos. Os tratamentos consistiram na substituição do milho pelo sorgo, com níveis de 20, 40, 60, 80 e 100% e um tratamento testemunha. Para a percentagem de postura, coloração de gema e conversão alimentar, houve piora com a substituição do milho pelo sorgo na ração. Não foram verificadas diferenças para o consumo de ração, peso do ovo, altura de albúmen, percentagem e espessura da casca. Os autores concluíram ser viável a substituição do milho pelo sorgo AT em até 80% na ração, enquanto MELO et al. (2003) justificam a substituição em até 100%.

Objetivou-se avaliar o efeito da substituição do milho pelo sorgo granífero sobre o desempenho e a qualidade dos ovos de codornas japonesas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Digestibilidade de Não-ruminantes do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), no período de 12 de Novembro de 2007 a 25 de Fevereiro de 2008, com duração de 112 dias. Foram utilizadas 210 codornas japonesas, linhagem Fujikura (*Coturnix japonica*, TEMMINCK E SCHLEGEL, 1849) com 65 dias de idade, peso médio de 160,97+ 7,90 gramas e produção de ovos (ovo/ave/dia) de + 85%, devidamente vacinadas contra marek, gumboro, new castle e boubá aviária.

Foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (T1: 0, T2: 25, T3: 50, T4: 75 e T5: 100% de substituição do milho pelo sorgo), seis repetições e sete aves por unidade experimental, previamente uniformizadas pelo peso corporal e produção de ovos.

As aves foram alojadas em gaiolas de arame galvanizado com dimensão de 0,33 m de comprimento x 0,25 m de largura x 0,20 m de altura, dispostas em cinco

andares verticais, compostas por comedouros e bebedouros do tipo calha, além de um aparador de excretas posicionado abaixo das gaiolas.

Utilizaram-se as exigências nutricionais para codornas japonesas em postura descritas pelo National Research Council (NUTRIENT...,1994), exceto para proteína bruta e cálcio, que foram baseadas nas recomendações de OLIVEIRA et al. (1999) e BARRETO et al. (2007), respectivamente.

Foram formuladas cinco dietas isoprotéicas, isoenergéticas e isocálcicas à base de milho e/ou sorgo e farelo de soja, de acordo com os níveis de substituição do milho pelo sorgo (Tabela 10), utilizado o *software* Super Crac 5.0. O sorgo utilizado no presente estudo foi a cultivar IPA 7301011, fornecida pela Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA).

Para as formulações das rações experimentais, foram utilizados os valores de energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn), em quilocaloria por quilograma de matéria natural do milho (3.572), sorgo (3.108), farelo de soja (2.633) e óleo de soja refinado (9.335), determinados previamente em ensaio de metabolismo, utilizando-se codornas japonesas fêmeas com idade entre 60 e 67 dias.

Os valores de proteína bruta do milho (8,38 %), sorgo (10,99 %) e farelo de soja (45,00 %) foram determinados previamente, segundo SILVA e QUEIROZ (2002), no Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Para os demais nutrientes, foram utilizados os dados de composições dos ingredientes descritos por ROSTAGNO et al. (2005).

A água e a ração foram disponibilizadas à vontade, sendo fornecidas duas vezes ao dia. Foi utilizado o programa de iluminação com fornecimento diário de 17 horas de luz, controlado por um relógio automático temporizado (*timer*).

As temperaturas e a umidade relativa do ar no interior do galpão foram registradas três vezes ao dia por termômetros de máxima e mínima e de bulbo seco e úmido, distribuídos em diferentes pontos do galpão e posicionados à altura das aves.

Tabela 10 – Composição percentual e calculada das rações experimentais de acordo com o nível de inclusão do sorgo.

Ingrediente (%)	Custo (R\$/kg)	Nível de inclusão de sorgo na ração (%)				
		0	25	50	75	100
Milho	0,60	57,894	43,421	28,947	14,474	--
Sorgo (IPA 1011)	0,45	--	14,474	28,947	43,421	57,894
Farelo de Soja	0,84	31,158	30,179	29,201	28,222	27,244
Calcário calcítico	0,10	6,505	6,517	6,528	6,539	6,551
Óleo de soja refinado	2,25	0,019	0,997	1,975	2,953	3,858
Fosfato Bicálcico	1,90	1,338	1,340	1,342	1,343	1,345
Suplemento mineral e vitamínico ¹	7,10	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Sal comum (NaCl)	0,39	0,333	0,333	0,334	0,334	0,335
Inerte ²	0,10	2,021	1,928	1,835	1,744	1,724
L-Lisina HCl 99%	8,50	0,125	0,167	0,209	0,251	0,293
DL-Metionina 99%	11,00	0,097	0,115	0,134	0,152	0,170
L-Treonina 98,5%	8,00	0,000	0,019	0,038	0,057	0,076
Antioxidante ³	30,00	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Custo da ração (R\$/kg)	--	7,05	7,04	7,03	7,02	7,01
Composição nutricional calculada						
Energia metabolizável aparente (kcal/kg)		2.900	2.900	2.900	2.900	2.900
Proteína bruta, %		19,00	19,00	19,00	19,00	19,00
Cálcio, %		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Fósforo disponível, %		0,35	0,350	0,350	0,350	0,350
Lisina total, %		1,10	1,10	1,10	1,10	1,100
Metionina+Cistina total, %		0,700	0,700	0,700	0,700	0,700
Metionina total, %		0,503	0,522	0,541	0,560	0,580
Treonina total, %		0,740	0,740	0,740	0,740	0,740
Triptofano total, %		0,234	0,230	0,227	0,224	0,221
Sódio, %		0,150	0,150	0,150	0,150	0,150

¹ Níveis de garantia (por quilo do produto): Metionina - 218000 mg; Cianocobalamina - 10000 mcg; Ácido fólico - 400 mg; Pantotenato de cálcio - 3000 mg; Biotina - 10 mg; Colina - 126.000 mg; Niacina - 7000 mg; Piridoxina - 800 mg; Tiamina - 800 mg; Riboflavina - 1200 mg; Menadiona - 500 mg; Vit.A - 2000000 UI; Vit.D3 - 50000 UI; Vit.E - 10000 UI; Cobre - 2000 mg; Ferro - 16000 mg; Iodo - 200 mg; Manganês - 18000 mg; Zinco - 14000 mg; Selênio - 10000 mcg. ²Areia lavada; ³Butil-hidroxitolueno.

Foram avaliadas as características de desempenho: peso final das aves (g), produção média de ovos por ave/dia (%), consumo de ração (g/ave/dia), peso dos ovos (g), massa de ovos (g de ovo/ave/dia) e a conversão alimentar (g de ração por massa e por dúzia de ovos). A qualidade dos ovos foi determinada pelas medidas de peso médio dos ovos (g), peso da gema (g), peso do albúmen (g), peso da casca (g), espessura da casca (μm) e cor da gema (escore colorimétrico e avaliação cromática direta). Para cálculo do custo das rações experimentais, de acordo com a substituição do milho pelo sorgo, foram considerados os preços médios (R\$), dos insumos comercializados no município de Recife-PE.

Para o controle do consumo de ração de cada repetição, as rações experimentais foram acondicionadas em sacos plásticos (80x50 cm) devidamente identificados. O consumo foi calculado ao término de cada semana, por meio da diferença entre a quantidade de ração fornecida e as sobras.

A coleta dos ovos foi feita diariamente, pela manhã, e a produção média de ovos (expressa como a porcentagem sobre a média das aves viáveis no período – %/ave/dia) foi obtida computando-se os ovos inteiros, quebrados, trincados e os ovos anormais.

Para obtenção dos dados de peso médio dos ovos, todos os ovos produzidos em cada unidade experimental foram pesados diariamente em balança de precisão de 0,01 g e a média calculada semanalmente. A massa de ovos foi calculada como a produção multiplicada pelo peso médio dos ovos.

A conversão alimentar foi obtida dividindo-se o consumo médio de ração por gramas de massa de ovos produzidos (conversão g/g) e o consumo médio de ração por dúzia de ovos produzidos (conversão g/dz).

Para determinação do peso da gema, albúmen e casca e da espessura da casca, foram coletados aleatoriamente, nos cinco últimos dias do experimento, cinco ovos íntegros de cada parcela por dia. Os ovos foram identificados de acordo com o tratamento e repetição e, posteriormente, foram pesados individualmente em balança com precisão de 0,01 g para a obtenção do peso dos ovos. Os ovos foram então quebrados, as gemas foram separadas manualmente e pesadas e suas cascas foram secas em estufa de ventilação forçada por 24 horas a 105° C e novamente pesadas. O peso do albúmen foi obtido pela diferença entre o peso do ovo e dos pesos da casca e da gema.

A espessura de casca, incluindo as membranas, foi medida por meio da leitura de quatro pontos distintos na região equatorial, utilizando-se um micrometro externo marca Mitutoyo modelo 103-137 com curso de 25 mm, leitura de 0,01 mm e precisão de $\pm 0,002$ mm. A espessura foi obtida pelo valor médio das quatro medições, segundo NORDSTROM e OUSTERHOUT (1982).

A análise da cor da gema foi realizada no Laboratório de Análises Físico-químicas de Alimentos do Departamento de Ciências Domésticas da UFRPE, utilizando-se quatro gemas por repetição e duas metodologias, sendo uma subjetiva e a outra objetiva.

Na primeira, utilizou-se o escore colorimétrico DSM[®] (abanico), na qual a cor da gema foi comparada a uma escala de cores do abanico, e de acordo com a semelhança visual foi atribuído um valor entre um e 15, conforme descrito por GALOBART et al. (2004).

Para o método direto de caracterização cromática, foi utilizada a colorimetria de triestímulos, no sistema CIELAB, por meio do colorímetro Minolta CR 400 (Konica Minolta Sensing, Inc.), no modo de reflectância, utilizando iluminação difusa, iluminante C (tipo de fonte de luz que representa a média da luz de dia, com temperatura de cor de 6740° K) e os ângulos de 0° e de 2°, referentes aos ângulos de detecção e do observador, respectivamente.

No sistema de cores CIELAB utiliza-se três coordenadas do cromatismo (L^* , a^* e b^*) para descrever o padrão cromático da gema. O valor de L^* define os valores de luminosidade, que variam do preto ($L=0$) ao branco ($L=100$); a^* indica a região do vermelho (+a) ao verde (-a) e o b^* do amarelo (+b) ao azul (-b).

Devido ao objetivo do estudo, que foi verificar a substituição do milho (fonte de pigmento amarelo) pelo sorgo (deficiente em pigmentos), optou-se pela avaliação apenas da coordenada b^* , devido a esta representar a faixa do amarelo, que é a cor padrão da gema obtida, principalmente, pela da ingestão do milho.

O colorímetro foi previamente calibrado em superfície branca, de acordo com padrões preestabelecidos, segundo BIBLE e SINGHA (1997). Após esse procedimento, quatro gemas de cada repetição, previamente homogeneizadas (*pool*), foram colocadas em uma placa de Petri de vidro sobreposta a uma placa branca. Para cada repetição, o registro das coordenadas de cor foi realizado em cinco diferentes pontos da placa contendo as gemas, cujos resultados foram expressos como a média dos cinco registros da coordenadas de cor b^* .

A normalidade dos dados das variáveis foi verificada por meio do teste de Lilliefors, em 5% de probabilidade. Os efeitos dos níveis de substituição do milho pelo sorgo foram avaliados pela análise de variância, em 5% de probabilidade. Foram estimadas equações de regressão das características em função dos níveis de substituição do milho pelo sorgo. Todas as análises foram feitas utilizando-se a versão 9.1 do Sistema de análises estatísticas e genéticas – SAEG (UFV, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas média, mínima e máxima e a umidade relativa do ar registradas durante o período experimental foram, respectivamente: 26,8+1,39; 24,2+1,63; 30,7+1,30° C e 81,4 + 5,74 %.

Os resultados relacionados ao desempenho zootécnico das codornas japonesas de acordo com o nível de substituição do milho pelo sorgo encontram-se descritos na Tabela 11. Não houve efeito significativo para nenhuma das características de desempenho ($p>0,05$).

Tabela 11 – Médias das variáveis de desempenho de codornas japonesas em postura de acordo com o nível de sorgo na ração

Variáveis ^{NS}	Níveis de inclusão do sorgo (%)					CV (%)
	0	20	50	75	100	
Peso das aves (g)	181,3+9,4	179,4+6,2	182,3+10,9	182,4+8,9	182,6+10,8	5,21
Produção de ovos (%)	93,26+6,7	90,09+6,0	90,59+9,9	90,4+5,9	93,3+2,5	7,39
Peso médio do ovo (g)	11,9+0,2	11,6+0,5	11,7+0,4	11,8+0,1	11,8+0,5	3,23
Massa de ovo (g de ovo/ave/dia)	7,8+0,6	7,8+0,5	7,7+0,8	7,6+0,5	7,9+0,4	7,75
Consumo médio de ração (g/ave/dia)	28,5+1,3	28,4+1,5	27,9+1,7	27,6+1,6	28,2+1,6	5,64
Conversão alimentar por massa de ovo (g ração/g de ovo)	3,65+0,35	3,64+0,45	3,62+0,35	3,63+0,24	3,57+0,36	9,75
Conversão alimentar por dúzia de ovos (g ração /dz de ovo)	362,2+32,5	358,20+3,8	365,19+29,7	359,60+18,3	361,84+20,9	6,58

ns: Efeito não significativo pelo teste F - Anova ($p>0,05$); L – efeito linear; Q- efeito quadrático ($p>0,05$).

Esses resultados estão de acordo com os obtidos por MELO et al. (2003), que justificam a substituição do milho pelo sorgo para codornas europeias em até 100%. Já FAQUINELLO et al. (2004) recomendaram a substituição de no máximo 80% do milho pelo sorgo, quando este for de cultivares com alta concentração de tanino.

Da mesma forma, a substituição total do milho pelo sorgo em rações para galinhas poedeiras foi recomendada por ZANZAD et al. (2000), PEREIRA et al. (2001), COSTA et al. (2006), MORENO et al. (2007) e ASSUENA et al. (2008), pois, observaram desempenho equivalente entre as aves alimentadas com rações contendo diferentes proporções de milho ou sorgo.

A ausência de tanino nos grãos sorgo da cultivar IPA 1011 é uma característica importante, pois, proporciona ao produtor utilizar este cereal na alimentação de codornas japonesas sem que haja comprometimento em suas características zootécnicas.

O desempenho das codornas não foi influenciado pelos níveis de sorgo na ração, devido à elevada capacidade dessas aves em digerir alimentos com teores de fibra bruta mais elevada, como é caso do sorgo. Além disso, as deficiências nutricionais do sorgo foram corrigidas na formulação das rações por meio de uma maior inclusão de aminoácidos sintéticos e de óleo de soja refinado.

Em relação às características de qualidade do ovo, não houve efeito significativo para as características: peso da gema, albúmen, casca e espessura de casca ($P < 0,05$). Os resultados relacionados à qualidade dos ovos de codornas japonesas, de acordo com o nível de substituição do milho pelo sorgo, são descritos na Tabela 12.

Entretanto, houve efeito linear ($p < 0,01$) para coloração da gema, avaliado pelo método do escore colorimétrico DSM ($\hat{y} = 7,750 - 0,05642X$; $R^2 = 0,91$) e pelo colorímetro Minolta para coordenada b^* ($\hat{y} = 32,497 - 0,1115X$; $R^2 = 0,68$).

Tabela 12 – Médias das variáveis da qualidade do ovo de codornas japonesas de acordo com o nível de sorgo na ração.

Variáveis	Níveis de inclusão do sorgo (%)					CV (%)
	0	20	50	75	100	
Peso do ovo (g) ^{ns}	11,99±0,21	11,63±0,53	11,76±0,40	12,02±0,17	11,72±0,54	3,47
Peso da gema (g) ^{ns}	3,82±0,23	3,63±0,18	3,64±0,20	3,78±0,16	3,69±0,29	5,85
Peso do albúmen (g) ^{ns}	7,27±0,25	7,08±0,23	7,20±0,55	7,26±0,13	7,07±0,44	4,93
Peso da casca (g) ^{ns}	0,90±0,05	0,92±0,04	0,92±0,07	0,98±0,05	0,96±0,08	6,56
Espessura da casca (µm) ^{ns}	255±21	263±11	261±10	259±74	265±13	5,11
Cor da gema (leque DSM) ^{L1**}	7,21±0,33	6,52±0,54	5,56±0,44	3,88±0,22	1,48±0,27	7,70
Cor da gema (Valor b*) ^{L2**}	30,17±0,63	30,99±1,51	29,50±0,55	24,46±3,40	19,50±3,02	8,08

ns: efeito não significativo pelo teste F ($p > 0,05$).

L1**: Efeito significativo para regressão linear ($p < 0,01$) - $\hat{y} = 32,497 - 0,1115x$ ($R^2 = 0,68$);

L2**: Efeito significativo para regressão linear ($p < 0,01$) - $\hat{y} = 7,750 + 0,05642x$ ($R^2 = 0,91$).

Esses resultados estão de acordo com os relatados por FAQUINELLO et al. (2004) e MELO et al. (2003), que não verificaram efeito da substituição do milho pelo sorgo em rações para codornas. Entretanto, COSTA et al. (2006) verificaram que a inclusão de sorgo reduziu o peso do albúmen e aumentou o peso e porcentagem da casca dos ovos de poedeiras.

Assim como para as características de desempenho, a correção das deficiências nutricionais do sorgo, em relação ao milho, no cálculo das formulações é importante, pois, reduz o risco de interferência na qualidade do ovo, com exceção da pigmentação da gema, que tende a reduzir-se à medida que o sorgo é incluído na ração.

É notório que inclusões crescentes de sorgo na ração têm como consequência direta a redução na coloração da gema. Esse efeito foi observado no presente estudo em que houve redução linear na coloração geral da gema, avaliada através do escore colorimétrico DSM, conforme Figura 12. Também houve redução linear da cor amarela, como foi constatado pela redução dos valores da coordenada b^* (amarelo) determinada pelo colorímetro Minolta e ilustrado na Figura 13.

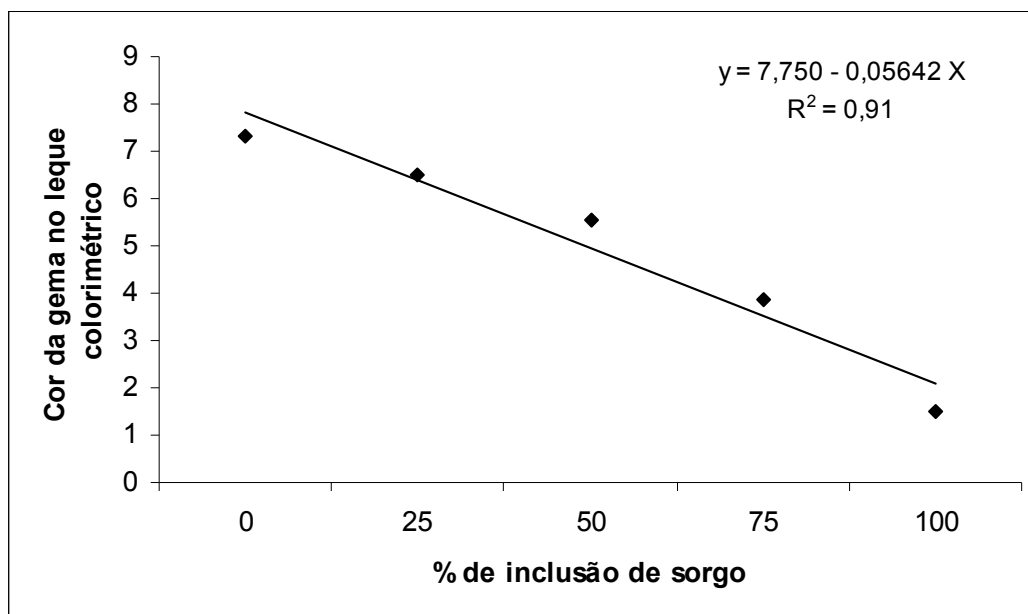


Figura 12 – Escore colorimétrico DSM da gemas dos ovos de codornas japonesas de acordo com o nível de sorgo na ração.

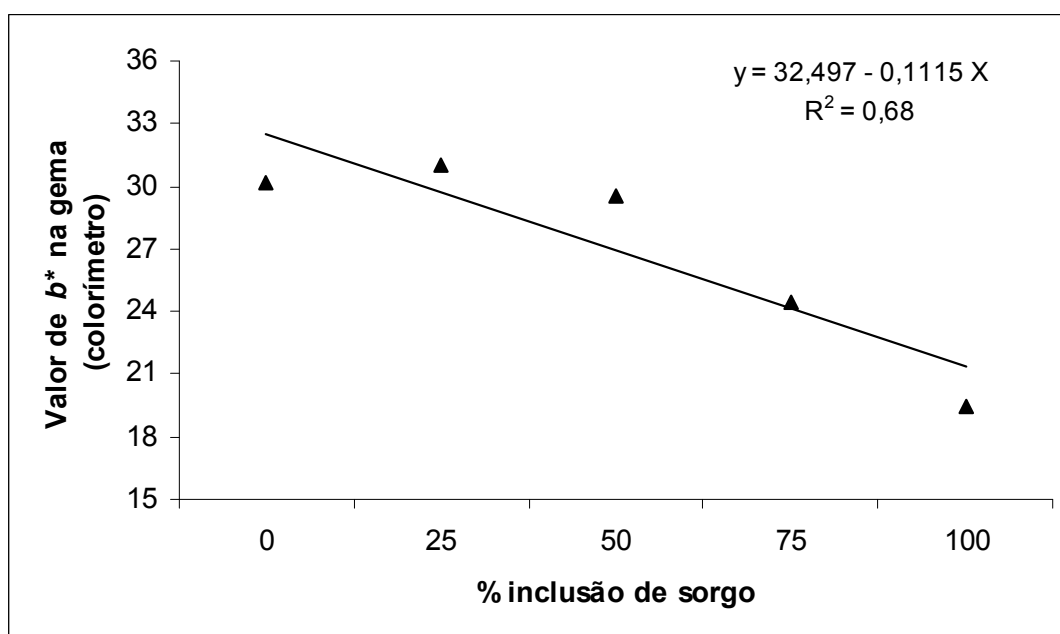


Figura 13 – Valores da coordenada b* registrada pelo colorímetro Minolta na gemas dos ovos de codornas japonesas de acordo o nível de sorgo na ração.

A redução na pigmentação da gema na medida em que o milho foi substituído pelo sorgo na ração pode ser visualizada na Figura 14.

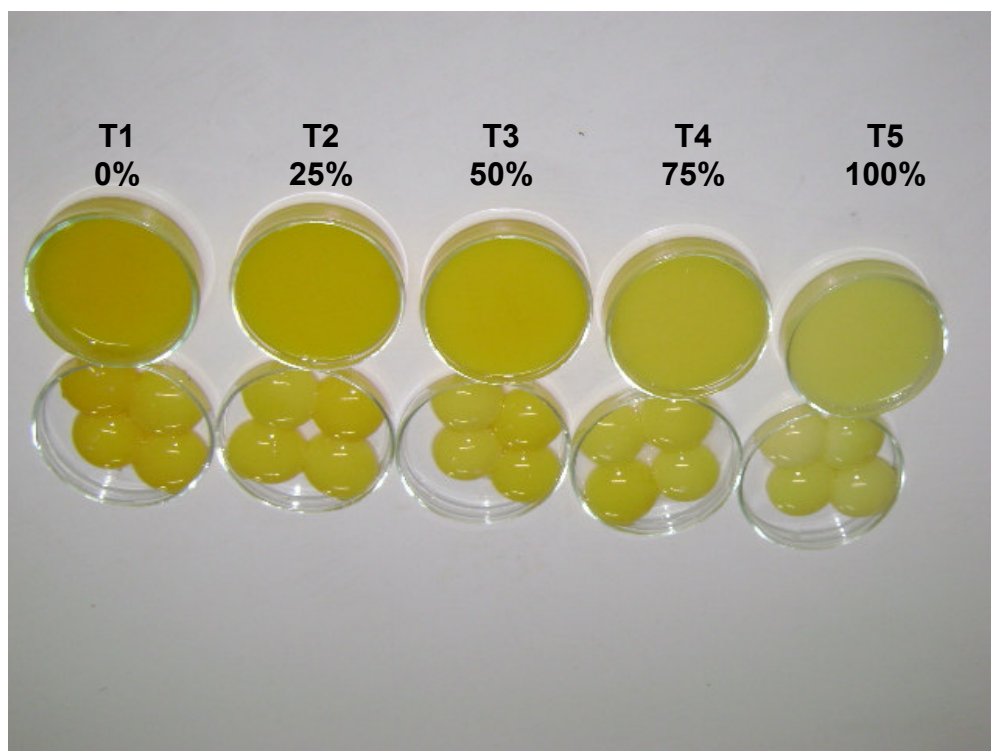


Figura 14 – Cor da gemas dos ovos de codornas japonesas observadas em função do nível de sorgo na ração.

Há consenso entre os pesquisadores da necessidade de inclusão de uma fonte suplementar de pigmentos através da adição de pigmentantes naturais, como o extrato oleoso de urucum (SILVA et al., 2000 e MELO et al, 2003), colorífico comercial (OLIVEIRA et al., 2007) ou de pigmentantes sintéticos como a cantaxantina 10% e apocaroteno 10% (GARCIA et al., 2002).

Entretanto, ovo de codorna geralmente é consumido inteiro e dificilmente tem exposta sua gema para consumo, ao contrário do ovo de galinha, que é submetido à cocção ou fritura e desta forma a cor da gema passa a ser um critério de avaliação de qualidade pelo consumidor. Além disso, a gema do ovo de galinha é utilizada como matéria-prima por panificadoras e indústrias de alimentos e da mesma forma a coloração da gema tem importância de mercado. Por isso, a escolha da fonte e o nível de inclusão do pigmentante devem ser avaliados criteriosamente sob o aspecto econômico.

Sob o ponto de vista econômico, foi observado no presente estudo que inclusões crescentes de sorgo nas rações promoveram redução nos custos das formulações.

A diferença entre o custo, por quilograma, da ração referência (R\$ 7,05) e a ração com 100% de substituição do milho pelo sorgo (R\$ 7,01) foi de R\$ 0,04. Esses valores são representativos quando se leva em consideração o volume de ração produzido anualmente para fomento da atividade. Neste estudo, o preço do sorgo (R\$) foi em torno de 25% inferior ao custo do milho (R\$).

Isto indica que, relações de custo entre o milho e o sorgo inferiores a 20% podem inviabilizar a substituição total do milho pelo sorgo, devido à maior inclusão de aminoácidos sintéticos e de óleo vegetal para corrigir o perfil nutricional do sorgo.

SANTOS et al. (2006) realizaram uma análise econômica para verificar a viabilidade econômica da substituição do milho pelo sorgo para frangos de corte. A pesquisa revelou variação no custo por quilo de peso vivo, indicando que o menor custo de produção ocorreu no lote das aves alimentadas com as dietas inicial e final contendo 50% de sorgo em substituição ao milho.

Como não foram evidenciadas diferenças significativas quanto aos aspectos produtivos e de qualidade do ovo (à exceção da cor da gema), o critério econômico é decisivo para a opção em se utilizar o sorgo na coturnicultura de postura.

A inclusão de pigmentantes não parece ser viável sob o aspecto mercadológico, uma vez que o ovo de codorna é consumido inteiro e cozido, pelos consumidores. Isso faz com que a cor da gema passe a ser considerada um atributo de importância econômica secundária ou inexistente. O uso de pigmentantes exógenos pode inviabilizar a utilização do sorgo em rações para codornas destinadas à postura devido ao seu alto custo, conforme destacado por MORENO et al. (2007).

Diante dos resultados verifica-se a potencialidade da substituição total do milho pelo sorgo em rações para codornas japonesas em postura, sendo nutricionalmente e economicamente viáveis sua utilização.

CONCLUSÃO

Pelo presente estudo conclui-se:

1. O sorgo baixo tanino pode substituir totalmente o milho nas rações para codornas japonesas em postura, sem comprometer os índices zootécnicos;

2. A substituição total do milho pelo sorgo reduziu o custo da ração, mostrando-se economicamente viável com o preço do sorgo 25% inferior ao preço do milho;
3. A cor da gema reduziu linearmente com o aumento da inclusão do sorgo nas rações, sendo que a inclusão de pigmentantes deve ser avaliada sob o aspecto econômico e mercadológico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSUENA, V.; FILARDI, R.S.; JUNQUEIRA, O.M.; et al. Substituição do milho pelo sorgo em rações para poedeiras comerciais formuladas com diferentes critérios de atendimento das exigências em aminoácidos. **Ciência Animal Brasileira** (UFG), v. 9, p. 93-99, 2008.
- BARCELLOS, L.C.G.; FURLAN, A.C.; MURAKAMI, A.E. et al. Avaliação nutricional da silagem de grãos úmidos de sorgo de alto ou de baixo conteúdo de tanino para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.1, p.104-112, 2006.
- BARRETO, S.L.T.; PEREIRA, C.A.; UMIGI, R.T.; et al. Determinação da exigência nutricional de cálcio de codornas japonesas na fase inicial do ciclo de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.68-78, 2007.
- BERTECHINI, A.G.; KATO, R.K.; FASSANI, E.J. Simpósio Internacional de Coturnicultura – Novos Conceitos Aplicados à Produção de Codornas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE COTURNICULTURA, 1 2002, Lavras, MG. **Anais...** Lavras: UFLA, NECTA, 2002. p.218.
- BIBLE, B.B.; SINGHA, S. Canopy position influences cielab coordinates of peach color. **Hortscience**, St. Joseph, v.28, n.10, p. 992-993, 1997.
- COSTA, F.G.P.; GOMES, C.A.V; SILVA, J.H.V.; et al. Efeitos da adição de extrato oleoso de urucum na ração de poedeiras com substituição parcial ou total do milho pelo sorgo de baixo tanino. **Acta Scientiarum**, v.28, p.409-414, 2006.
- FAQUINELLO, P.; MURAKAM, A.E.; CELLA, P.S.; et al. High tannin sorghum in diets of Japanese Quail (*Coturnix coturnix japonica*). **Brasilian Journal of Poultry Science**, v. 6, p. 81-86, 2004.
- GALOBART, J.; SALA, R.; RINCO, X.; et al. Egg Yolk Color as Affected by Saponification of Different Natural Pigmenting Sources. **Journal Applied of Poultry Research**, 13:328–334. 2004.

- GARCIA, E.A.; MENDES, A.A.; PIZZOLANTE, C.C. et al. Efeito dos Níveis de Cantaxantina na Dieta Sobre o Desempenho e Qualidade dos Ovos de Poedeiras Comerciais. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 04, p. 01-07, 2002.
- MELO, D.A.; SILVA, J.H.V.; ANDRADE, I.S.; et al. Níveis de substituição do milho pelo sorgo e uso do extrato oleoso de bixina como corante da gema dos ovos de codornas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40. 2003, Santa Maria, RS. **Anais...** UFSM: SBZ, [2003]. CD-ROM. Nutrição de Não Ruminantes.
- MORENO, J.O.; ESPINDOLA, G.B.; SANTOS, M.S.V.; et al. Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais, alimentadas com dietas contendo sorgo e páprica em substituição ao milho. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.29, p.159-163, 2007.
- NORDSTROM, J.O.; OUSTERHOUT, L.E. Estimation of shell weight and shell thickness from egg specific gravity and egg weight. **Poultry Science Journal**, Champaign, v.61, p. 1991-1995.1982.
- NUTRIENT requirements of poultry. 9.ed. Washington: **National Research Council**, 1994. p.44-45.
- OLIVEIRA, A.M.; FURLAN, A.C.; MURAKAMI, A.E. et al. Exigência nutricional de lisina para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.1050-1053, 1999.
- OLIVEIRA, N.T.E.; FONSECA, J.B.; SOARES, R.T.R.N.; et al. Determinação da energia metabolizável de diferentes alimentos testados em codornas japonesas fêmeas. **Arquivo Brasileiro Medicina. Veterinária e Zootecnia**, 59, (1), p.210-217. 2007.
- PEREIRA, A.V.; KISHIBE, R.; LODDI, M.M. et al. Utilização da bixina como pigmentante natural da gema de ovos de poedeiras comerciais. In: CONGRESSO DE PRODUÇÃO E CONSUMO DE OVOS, 2 ed, São Paulo, SP. **Anais...** APA 181p., 2001.
- ROCHA, V.R.R.A.; DUTRA JR, W.M.; RABELLO, C.B.V.; et al. Substituição total do milho por sorgo e óleo de abatedouro avícola em dietas para frangos de corte. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.37, n.1, p.95-102, 2008.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suíno: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa: UFV, DZO, 2005. 186 p.
- SANTOS, M.S.V.; ESPÍNDOLA, G.B.; FUENTES, M.F.F. Utilização de complexo enzimático em dietas à base de sorgo-soja para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.811-817, 2006.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.

SILVA, J.H.V.; ALBINO, L.F.T.; GODÓI, M.J.S. Efeito do extrato de urucum na pigmentação da gema dos ovos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 29, n. 05, 2000. p.1435-1439.

SCHEUERMANN, N.G. Utilização do sorgo em rações para frangos de corte. **Avicultura Industrial**, n.11, 1107(94). Porto Feliz, SP, 2003. p.95-96.

TEMMINCK, C.; H. SCHLEGEL. **Description des oiseaux observés au Japon par les voyageurs Hollandais**. In: P.F. von Siebold, (ed.). II. Aves: 142p. 1849.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. SAEG – **Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas**. Versão 9.1. Viçosa, 2007.

ZANZAD, A.G.; THEURER, B.; GARCIA, J.A. et al. Desempenho e qualidade de ovos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo sorgo. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 64, p. 1348-1355, 2000.

4.3. EFEITO DE PIGMENTANTES SINTÉTICOS E DO SELÊNIO ORGÂNICO SOBRE O DESEMPENHO E A QUALIDADE DE OVOS DE CODORNAS JAPONESAS

RESUMO

Objetivou-se, com este estudo, avaliar o efeito dos pigmentantes sintéticos cantaxantina, apo-éster e do selênio orgânico sobre o desempenho zootécnico e a qualidade dos ovos de codornas japonesas (*Coturnix japonica*) durante 28 dias. Foram utilizadas 200 codornas japonesas com 70 dias de idade, distribuídas em oito tratamentos (T1: ração referência a base de milho (RM); T2: RR + selênio orgânico; T3: ração a base de sorgo (RS); T4: RS + selênio orgânico; T5: RS + *apo-éster* 10%; T6: RS + *apo-éster* 10% + *cantaxantina* 10%; T7: RS + *apo-éster* 10% + *cantaxantina* 10% + selênio orgânico; T8: RS + *apo-éster* 10% + selênio orgânico) com cinco repetições e cinco aves por unidade experimental em delineamento inteiramente casualizado. Foram avaliadas as características de desempenho, qualidade dos ovos e custo das rações. A cor das gemas foi avaliada pelos métodos do escore colorimétrico DSM e colorimetria por reflectância (perfil cromático). Foram estimadas equações de regressão dos efeitos da cor em função dos períodos e as médias de tratamento foram comparadas por meio de contrastes ortogonais, em 5% de probabilidade. Não houve efeito significativo ($P > 0,05$) dos pigmentantes sintéticos e do selênio orgânico sobre as características produtivas das codornas. Porém, houve efeito significativo ($P < 0,05$) dos pigmentantes sintéticos e do selênio orgânico sobre o escore colorimétrico e perfil cromático das gemas dos ovos das codornas, corrigindo as deficiências de pigmentos da ração a base de sorgo. A inclusão dos aditivos elevou consideravelmente os custos das rações, não sendo recomendada sua utilização em rações para codornas japonesas.

Palavras-chave: avaliação de cromática, cantaxantina, cor da gema, pigmento sintético, selênio orgânico, sorgo.

EFFECT OF SYNTHETIC PIGMENTS AND ORGANIC SELENIUM ON PERFORMANCE AND EGG QUALITY OF JAPANESE QUAILS (Coturnix japonica)

ABSTRACT

The objective of this paper was to evaluate the effects of the synthetic pigments canthaxantin, *ester- β -apo-carotenoic acid (EACA)* and organic selenium on Japanese quail (*Coturnix japonica*) performance and egg quality, in a 28 days period. Two hundred female Japanese quails 70 days old were distributed in eight treatments (T1: basal diet with corn meal (BD); T2: BD + organic selenium; T3: sorghum diet, without corn meal (SD); T4: SD + organic selenium; T5: SD + *EACA*; T6: SD + *EACA* + *cantaxantin*; T7: SD + *EACA* + *cantaxantin* + organic selenium; T8: SD + *EACA* + organic selenium, with five replicates, in a completely randomized experimental design. Data on performance, egg quality and feed cost were evaluated. Yolk color was measured by DSM colorimetric score and by colorimetric reflectance (chromatic analysis). Regression equations of the data were estimated by orthogonal polynomials of color, in function of periods, and the treatments means were compared by orthogonal contrasts, at 5% of probability. There were no differences ($p>0.05$) for all characteristics of production. The addition of synthetic pigments and of organic selenium substantially improved egg yolk color of quails fed sorghum diets; however there was a considerably increase of feed cost, and their utilization isn't recommended for Japanese quail.

Keywords: canthaxantin, chromatic analysis, organic selenium, synthetic pigment, quail breeding, sorghum, yolk color.

INTRODUÇÃO

A criação de codornas no Brasil tem crescido anualmente em função do maior consumo de ovos e de carne pela população. Dados do IBGE (INSTITUTO..., 2008) indicam crescimento anual da ordem de 10% no efetivo cadastrado de codornas e aumento de 13% ao ano no número de ovos produzidos.

Devido à necessidade de se obter dados científicos relacionados às características produtivas dessas aves, que possibilite ao setor, maior eficiência e competitividade, as pesquisas têm sido direcionadas principalmente para a determinação das exigências nutricionais e avaliação de alimentos para as linhagens de postura e corte nas suas respectivas categorias.

Pesquisas com alimentos alternativos e subprodutos da agroindústria são atualmente o foco dos trabalhos em nutrição de animais de produção, uma vez que a tendência é a busca de alimentos para animais que não são utilizados na alimentação humana.

O milho é o ingrediente energético com maior participação nas formulações de rações e também principal fonte de carotenóides que conferem o padrão amarelo às gemas dos ovos. Porém, quando há pouca disponibilidade de milho no mercado, ou por ajustes de custos de produção, o sorgo pode substituí-lo total (MELO et al., 2003) ou parcialmente (FAQUINELLO et al., 2004).

O sorgo apresenta concentrações deficientes de xantofilas e carotenos e desta forma, elevadas taxas de inclusão na ração de galinhas poedeiras promovem redução direta na cor das gemas (SILVA et al., 2000). A intensidade de coloração da gema é uma característica sensorial com importância mercadológica, por ser um critério de preferência do consumidor, pois, normalmente, associa-se a cor da gema à sua quantidade de vitaminas (GARCIA et al. 2002).

Porém, a cor da gema pode ser mantida ou potencializada através da adição de pigmentantes sintéticos (GARCIA et al., 2002) ou naturais (SILVA et al., 2000) de cor amarela e/ou vermelha. Os pigmentantes podem ser adicionados à ração isolados ou associados entre si, de acordo com o grau de pigmentação desejado. Outro fator que deve ser levado em consideração é o custo da inclusão destes produtos.

Os pigmentantes sintéticos amarelos são produtos com alta concentração de pigmentos amarelo que ocorrem na natureza como produto metabólico do apocaroteno. Sua forma comercial é o *etil éster beta apo-8-caroteno* ou apo-éster, normalmente usado na alimentação de poedeiras e frangos de corte para atendimento de exigências de mercado.

O pigmento vermelho sintético é a cantaxantina 10% (*4,4'-diketo-β-caroteno*), usado tanto para a coloração da gema de ovos, quanto para a pigmentação de pele e patas de frangos de corte. Apesar da cantaxantina estar

amplamente disponível na natureza, apenas a forma sintética deste composto é comercializada (GARCIA et al., 2002).

GAWECKI *et al.* (1977) trabalhando com galinhas Leghorn, observaram que a cor inicial da gema passou de 5,0 para 10,0 (escore colorimétrico DSM) depois de duas semanas de tratamento com os pigmentantes *apo-éster* e *cantaxantina* e permaneceu 5,6 no controle.

GARCIA *et al.* (2002) estudaram os efeitos da adição da cantaxantina 10% sobre o desempenho e a coloração das gemas de ovos de galinhas poedeiras Hisex Brown. Observaram que a maior coloração das gemas foi obtida com a adição de 60 ppm de cantaxantina, atingindo-se a cor *plateau* de 14,3 no escore colorimétrico DSM aos 5,43 dias após a inclusão do pigmentante, sem influenciar os parâmetros produtivos e de qualidade dos ovos.

O selênio pode atuar como um potencializador de pigmentação, uma vez que evita a oxidação dos pigmentantes. GONÇALVES et al. (2006) avaliaram a coloração da gema do ovo de poedeiras Hy Line W36 que receberam dietas a base de milho e farelo de soja, utilizando fontes de selênio orgânico e inorgânico, com ou sem pigmentantes (cantaxantina e apo-éster). Concluíram que os tratamentos com maiores quantidades de cantaxantina e apo-éster, com selênio orgânico, melhoraram a coloração da gema dos ovos.

Objetivou-se com este estudo avaliar o efeito dos pigmentantes sintéticos cantaxantina 10% e etil-éster- β -apo-8-caroteno 10% (apo-éster) e do selênio orgânico sobre o desempenho e a qualidade dos ovos de codornas japonesas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Digestibilidade de Não-ruminantes do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), pelo período de 23 de Novembro a 21 de Dezembro de 2007, totalizando 28 dias, divididos em quatro períodos experimentais de sete dias.

Foram utilizadas 200 codornas japonesas (*Coturnix japonica*, TEMMINCK e SCHLEGEL, 1849), linhagem Fujikura, fêmeas, com 70 dias de idade e peso médio de 165,46 + 3,58 gramas, com produção média de ovos em torno de 85%.

Foram avaliadas as características de desempenho zootécnico: peso final das aves (g), produção média de ovos por ave/dia (%), consumo de ração (g/ave/dia), peso dos ovos (g), massa de ovos (g de ovo/ave/dia) e a conversão alimentar (g de ração por massa e por dúzia de ovos). A qualidade dos ovos foi determinada pelas medidas de peso médio dos ovos (g), peso da gema (g), peso do albúmen (g), peso da casca (g), espessura da casca (μm) e cor da gema (escore colorimétrico DSM) e avaliação cromática por determinação direta (valores a^* e b^*).

Para cálculo do custo das rações experimentais, de acordo com a substituição do milho pelo sorgo, foram considerados os preços médios (R\$), dos insumos comercializados no município de Recife-PE.

Após a uniformização dos lotes (pelo peso corporal e pela produção de ovos) as aves foram alojadas em 30 gaiolas metálicas (33x25x20cm) em delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas no tempo, composto por oito tratamentos, com cinco repetições e cinco codornas por unidade experimental. Os tratamentos consistiram nas parcelas, e os quatro períodos experimentais (7^o, 14^o, 21^o e 28^o dia) nas subparcelas. Os tratamentos foram distribuídos da seguinte forma:

- **Tratamento 1:** ração referência a base de milho (RM);
- **Tratamento 2:** RM+selênio orgânico (SO);
- **Tratamento 3:** ração a base de sorgo (RS);
- **Tratamento 4:** RS+selênio orgânico (SO);
- **Tratamento 5:** RS+apo-éster (AE);
- **Tratamento 6:** RS+apo-éster+cantaxantina (CX);
- **Tratamento 7:** RS+apo-éster (AE)+cantaxantina (CX)+selênio orgânico (SO);
- **Tratamento 8:** RS+apo-éster (AE)+selênio orgânico (SO).

Foram formuladas oito rações à base de milho ou sorgo e farelo de soja, com a inclusão dos pigmentantes sintéticos amarelo (etil-éster- β -apo-8-caroteno ou apo-éster) e vermelho (cantaxantina 10%) e do selênio orgânico (selenometionina), em substituição a um inerte, conforme a Tabela 13.

Tabela 13 – Composição percentual e bromatológica das rações experimentais.

Ingrediente	Custo (por kg)	Composição percentual da ração							
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Milho	R\$ 0,60	57,89	57,89	--	--	--	--	--	--
Sorgo baixo tanino	R\$ 0,45	--	--	57,89	57,89	57,89	57,89	57,89	57,89
Farelo de soja	R\$ 0,84	31,15	31,15	27,24	27,24	27,24	27,24	27,24	27,24
Calcário calcítico	R\$ 0,10	6,505	6,505	6,551	6,551	6,551	6,551	6,551	6,551
Óleo de Soja Refinado	R\$ 2,25	0,019	0,019	3,858	3,858	3,858	3,858	3,858	3,858
Fosfato bicálcico	R\$ 1,90	1,338	1,338	1,345	1,345	1,345	1,345	1,345	1,345
Suplemento mineral e vitamínico ¹	R\$ 7,10	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Sal (NaCl)	R\$ 0,39	0,333	0,333	0,335	0,335	0,335	0,335	0,335	0,335
L-Lisina HCl, 99%	R\$ 8,50	0,125	0,125	0,293	0,293	0,293	0,293	0,293	0,293
DL-Metionina 99%	R\$ 11,00	0,097	0,097	0,170	0,170	0,170	0,170	0,170	0,170
L-Treonina 98,5%	R\$ 8,00	--	--	0,076	0,076	0,076	0,076	0,076	0,076
Inerte ²	R\$ 0,10	2,021	2,001	1,724	1,704	1,720	1,717	1,697	1,700
Apo-éster (AE)	R\$ 150,00	--	--	--	--	0,004	0,004	0,004	0,004
Cantaxantina 10% (CX)	R\$ 300,00	--	--	--	--	--	0,003	0,003	--
Selênio orgânico (SO)	R\$ 17,00	--	0,02	--	0,02	--	--	0,02	0,02
Antioxidante ³	R\$ 30,00	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Custo das rações (R\$/kg)		0,71	0,70	0,70	0,70	0,77	0,85	0,85	0,76
Composição bromatológica calculada									
Energia metabolizável aparente, kcal/kg		2900	2900	2900	2900	2900	2900	2900	2900
Proteína bruta, %		19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00
Cálcio, %		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Fósforo disponível, %		0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350
Lisina total, %		1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100
Metionina+cistina, %		0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700
Metionina total, %		0,503	0,503	0,580	0,580	0,580	0,580	0,580	0,580
Treonina total, %		0,740	0,740	0,740	0,740	0,740	0,740	0,740	0,740
Triptofano total, %		0,234	0,234	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221
Sódio, %		0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150

*. Custo por quilograma do ingrediente. ¹ Níveis de garantia por quilo do produto: Metionina - 218000 mg; Cianocobalamina - 10000 mcg; Ácido fólico - 400 mg; Pantotenato de cálcio - 3000 mg; Biotina - 10 mg; Colina - 126.000 mg; Niacina - 7000 mg; Piridoxina - 800 mg; Tiamina - 800 mg; Riboflavina - 1200 mg; Menadiona - 500 mg; Vit.A - 2000000 UI; Vit.D3 - 50000 UI; Vit.E - 10000 UI; Cobre - 2000 mg; Ferro - 16000 mg; Iodo - 200 mg; Manganês - 18000 mg; Zinco - 14000 mg; Selênio - 10000 mcg. ²Areia lavada; ³Butil-hidroxitolueno.

Utilizaram as exigências nutricionais para codornas japonesas em postura descritas pelo National Research Council (NUTRIENT...,1994), exceto para proteína bruta e cálcio, que foram baseadas nas recomendações de OLIVEIRA et al. (1999) e BARRETO et al. (2007), respectivamente. O sorgo utilizado foi a cultivar IPA 7301011, fornecida pela Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária – IPA. Para cálculo das formulações, foi utilizado o *software* Super Crac 5.0.

Para o cálculo das rações foram utilizados os valores de energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn), em quilocaloria por quilograma de matéria natural do milho (3.572), sorgo (3.108), farelo de soja (2.633) e óleo de soja refinado (9.335), determinados previamente em ensaio de metabolismo, utilizando-se codornas japonesas fêmeas com idade entre 60 e 67 dias.

Os valores de proteína bruta do milho (8,38 %), sorgo (10,99 %) e farelo de soja (45,00 %), foram determinados previamente, segundo SILVA e QUEIROZ (2002), no Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Para os demais nutrientes, foram utilizados os dados de composições dos ingredientes descritos por ROSTAGNO et al. (2005).

A água e a ração foram disponibilizadas à vontade, sendo fornecidas duas vezes ao dia. Foi utilizado o programa de iluminação com fornecimento diário de 17 horas de luz, controlado por um relógio automático temporizado (*timer*).

As temperaturas e a umidade relativa do ar no interior do galpão foram registradas três vezes ao dia por termômetros de máxima e mínima e de bulbo seco e úmido distribuídos em diferentes pontos e posicionado à altura das aves.

Para o controle do consumo de ração de cada repetição, as rações experimentais foram acondicionadas em sacos plásticos (80x50cm) devidamente identificados. O consumo foi calculado ao término de cada semana, por meio da diferença entre a quantidade de ração fornecida e as sobras.

A coleta dos ovos foi feita diariamente, pela manhã, e a produção média de ovos (expressa como a porcentagem sobre a média das aves viáveis no período – %/ave/dia) foi obtida computando-se os ovos inteiros, quebrados, trincados e os ovos anormais.

Para obtenção dos dados de peso médio dos ovos, todos os ovos produzidos em cada unidade experimental foram pesados diariamente em balança

de precisão de 0,01 g e a média calculada semanalmente. A massa de ovos foi calculada como a produção multiplicada pelo peso médio dos ovos.

A conversão alimentar foi obtida dividindo-se o consumo médio de ração por gramas de massa de ovos produzidos (conversão g/g) e o consumo médio de ração por dúzia de ovos produzidos (conversão g/dz).

Para determinação do peso da gema, albúmen e casca e da espessura da casca, foram coletados aleatoriamente, nos cinco últimos dias do experimento, cinco ovos íntegros de cada parcela por dia. Os ovos foram identificados conforme o tratamento e a repetição e pesados individualmente em balança com precisão de 0,01 g para a obtenção do peso dos ovos. Os ovos foram quebrados e as gemas separadas manualmente, pesadas e suas cascas foram secas em estufa de ventilação forçada por 24 horas a 105° C e novamente pesadas. O peso do albume foi obtido pela diferença entre o peso do ovo e dos pesos da casca e da gema.

A espessura de casca, incluindo as membranas, foi medida por meio da leitura de quatro pontos distintos na região equatorial, utilizando-se um micrometro externo marca Mitutoyo modelo 103-137, com curso de 25 mm, leitura de 0,01 mm e precisão de $\pm 0,002$ mm. A espessura foi obtida pelo valor médio das quatro medições, segundo NORDSTROM e OUSTERHOUT (1982).

A análise da coloração da gema foi realizada no Laboratório de Análises Físico-químicas de Alimentos do Departamento de Ciências Domésticas da UFRPE, utilizando-se quatro gemas por repetição e duas metodologias, sendo uma subjetiva e a outra objetiva.

Na primeira, utilizou-se o escore colorimétrico DSM[®] (abanico), na qual a cor da gema foi comparada a uma escala de cores do abanico, e de acordo com a semelhança visual foi atribuído um valor entre um e 15, conforme descrito por GALOBART et al. (2004).

Para o método direto de caracterização cromática, foi utilizado a colorimetria de triestímulos, no sistema CIELAB, por meio do colorímetro Minolta CR 400 (Konica Minolta Sensing, Inc.), no modo de reflectância, utilizando iluminação difusa, iluminante C (tipo de fonte de luz que representa a média da luz de dia, com temperatura de cor de 6740° K) e os ângulos de 0° e de 2°, referentes aos ângulos de detecção e do observador, respectivamente.

No sistema de cores CIELAB utiliza-se três coordenadas do croma (L^* , a^* e b^*) para descrever o padrão cromático da gema. O valor de L^* define os valores de

luminosidade, que variam do preto (L=0) ao branco (L=100); a^* indica a região do vermelho (+a) ao verde (-a) e o b^* do amarelo (+b) ao azul (-b). Os valores para as coordenadas a^* e b^* situam-se entre -60 e +60, dependendo da composição cromática do objeto analisado. Como o objetivo foi avaliar a inclusão dos pigmentantes amarelo e vermelho, sobre a cor da gema, consideraram apenas as coordenadas a^* e b^* , pois, a coordenada L^* não apresenta relevância zootécnica.

O colorímetro foi previamente calibrado em superfície branca, de acordo com padrões preestabelecidos, segundo BIBLE e SINGHA (1997). Após esse procedimento, quatro gemas de cada repetição, previamente homogeneizadas (*pool*), foram colocadas em uma placa de Petri de vidro sobreposta a uma placa branca. Para cada repetição, o registro das coordenadas de cor foi realizado em cinco diferentes pontos da placa contendo as gemas cujos resultados foram expressos como a média dos cinco registros da coordenadas de cor a^* e b^* .

No dia anterior ao início do experimento, 60 ovos foram coletados aleatoriamente e analisados pelos dois métodos para serem utilizados como referência aos dados obtidos no decorrer do experimento.

As análises foram realizadas utilizando-se a versão 9.1 do Sistema de Análises Estatísticas-SAEG (UFV, 2007). Para as análises estatísticas, as variáveis de desempenho dos tratamentos foram comparadas por meio dos contrastes ortogonais, apresentados a seguir:

$C_1 = (T_1 + T_2 + T_3 + T_4) - (T_5 + T_6 + T_7 + T_8) \rightarrow$ contraste sem significado biológico;

$C_2 = (T_1 + T_2) - (T_3 + T_4) \rightarrow$ efeito do ingrediente (milho ou sorgo);

$C_3 = T_1 - T_2 \rightarrow$ efeito do selênio na ração referência (com milho);

$C_4 = T_3 - T_4 \rightarrow$ efeito do selênio na ração com sorgo;

$C_5 = (T_5 + T_6) - (T_7 + T_8) \rightarrow$ efeito do selênio na ração com sorgo e pigmentantes;

$C_6 = T_5 - T_6 \rightarrow$ efeito da cantaxantina na ração com sorgo;

$C_7 = T_7 - T_8 \rightarrow$ efeito da cantaxantina na ração com sorgo suplementada com selênio.

Os efeitos de tratamento sobre as variáveis de desempenho foram verificados por meio da análise de variância inicial, em nível de 5% de probabilidade. Os contrastes ortogonais significativos foram utilizados para a comparação das médias de tratamento, após decomposição dos graus de liberdade e das somas de

quadrados de tratamento. Para as variáveis de desempenho, o modelo estatístico utilizado encontra-se a seguir:

$$\hat{Y}_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Em que:

\hat{Y}_{ij} = Observação individual no tratamento i e na repetição j ;

μ = Efeito de média geral;

T_i = Efeito de tratamento; $i = (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, \text{ e } 8)$;

ε_{ij} = Erro aleatório associado a cada observação ij .

Os efeitos de período e tratamento sobre as variáveis foram verificados por meio da análise de variância, em nível de 5% de probabilidade. Foram estimadas equações de regressão de cor em função de período para determinar o período (em dias) em que a coloração das gemas alcançou um ponto de máximo, respeitando-se os desdobramentos significativos dos graus de liberdade e a soma de quadrados dos efeitos linear e quadrático, por polinômios ortogonais.

Respeitada a significância dos fatores incluídos no modelo estatístico, as médias de tratamento foram comparadas por meio de contrastes ortogonais, em 5% de probabilidade, a saber:

$C_8 = 3(T_1+T_2)-(T_3+T_4+T_5+T_6+T_7+T_8) \rightarrow$ efeito do pigmento sintético contra o pigmento do milho;

$C_9 = T_1-T_2 \rightarrow$ efeito do selênio na ração referência (com milho);

$C_{10} = 2(T_3+T_5)-(T_4+T_6+T_7+T_8) \rightarrow$ efeito da cantaxantina+selênio orgânico já incluído o apo-éster;

$C_{11} = T_3-T_5 \rightarrow$ efeito do apo-éster;

$C_{12} = 2T_4-(T_5+T_6) \rightarrow$ efeito de pigmento sintético, sem o selênio orgânico;

$C_{13} = 2T_6-(T_7+T_8) \rightarrow$ efeito de selênio orgânico em rações com sorgo e pigmentos sintéticos;

$C_{14} = T_7-T_8 \rightarrow$ efeito da cantaxantina.

O seguinte modelo estatístico foi utilizado para as análises dos dados de coloração de gemas:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \varepsilon_{ik} + P_j + TP_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} = Observação individual no tratamento i , na idade j e na repetição k .

μ = Efeito de média geral.

T_i = Efeito dos tratamentos; $i = (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, \text{ e } 8)$.

ϵ_{ik} = Erro aleatório da parcela associado a cada observação ik .

P_j = Efeito dos períodos; $j = (7, 14, 21 \text{ e } 28)$.

TP_{ij} = Efeito de interação dos tratamentos e períodos.

ϵ_{ijk} = Erro aleatório da subparcela associado a cada observação ijk .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas média, mínima e máxima e a umidade relativa do ar registradas durante o período experimental foram, respectivamente: $27,2+1,59$; $24,3+1,69$; $30,8+1,23^{\circ}\text{C}$ e $79,7+5,89\%$. A mortalidade foi de $3,0\%$ durante todo período experimental de 28 dias.

Não houve diferenças significativas para nenhum dos contrastes ortogonais das características de desempenho zootécnico pelo teste F ($P>0,05$), conforme Tabela 14. Isto indica que os diferentes ingredientes (milho e sorgo) e adição dos pigmentantes sintéticos e do selênio orgânico, não interferem significativamente nos parâmetros de produção.

Os resultados estão em concordância com os relatados por ANGELES e SCHEIDELER (1998); HALAJ et al. (1999) e GARCIA et al. (2002), que não observaram efeito da suplementação dos pigmentantes sintéticos sobre o desempenho de galinhas poedeiras.

Da mesma forma, CANTOR et al. (2000); PATTON (2000) e PATTON et al. (2002) não verificaram diferenças significativas na produção de ovos, consumo de ração e conversão alimentar de poedeiras suplementadas com diferentes níveis de selênio orgânico na ração.

Tabela 14 - Médias e desvios padrão¹ das variáveis de desempenho de codornas japonesas e comparação entre as médias dos contrastes ortogonais com a respectiva significância.

Tratamento	Produção de ovos (%/ave/dia)	Consumo de ração (g/ave/dia)	Peso dos ovos (g)	Massa de ovos (g/g)	Conversão alimentar	
					Massa de ovo (g/g)	Dúzia de ovo (g/dz)
T ₁ : RM	95,75±2,60	32,70±1,25	11,26±0,24	8,52±0,14	3,84±0,15	403,3±20,3
T ₂ : RM+ SO	94,71±3,01	32,56±1,21	11,10±0,48	8,55±0,24	3,82±0,25	412,9±19,5
T ₃ : RS	92,57±3,56	31,07±0,72	10,88±0,23	8,75±0,32	3,70±0,24	381,3±34,6
T ₄ : RS + SO	94,00±3,10	31,39±0,98	11,13±0,40	8,46±0,25	3,72±0,22	401,2±22,0
T ₅ : RS + AE	96,64±1,78	31,39±1,14	11,68±0,44	8,29±0,47	3,80±0,28	385,3±22,7
T ₆ : RS+AE +CX	94,25±1,15	30,55±2,20	11,20±0,48	8,26±0,31	3,70±0,22	413,7±40,4
T ₇ : RS+AE +CX +SO	92,77±4,23	30,97±1,41	11,15±0,38	8,33±0,42	3,72±0,22	379,3±72,2
T ₈ : RS+AE +SO	93,57±4,32	30,55±0,76	11,10±0,33	8,44±0,22	3,44±0,18	373,3±26,7
CV (%) ²	3,34	4,09	3,45	3,17	6,06	9,22
Contraste	Comparação entre as médias (C _x =a-b)					
C ₂ = (T ₁ +T ₂)- (T ₃ +T ₄)	95,23 ^{ns}	32,63 ^{ns}	11,18 ^{ns}	8,54 ^{ns}	3,83 ^{ns}	408,1 ^{ns}
C ₃ = T ₁ - T ₂	94,71 ^{ns}	32,56 ^{ns}	11,10 ^{ns}	8,55 ^{ns}	3,71 ^{ns}	391,3 ^{ns}
C ₄ = T ₃ - T ₄	95,75 ^{ns}	31,07 ^{ns}	10,88 ^{ns}	8,75 ^{ns}	3,84 ^{ns}	403,3 ^{ns}
C ₅ = (T ₅ + T ₆) - (T ₇ +T ₈)	94,71 ^{ns}	31,39 ^{ns}	11,13 ^{ns}	8,46 ^{ns}	3,82 ^{ns}	412,9 ^{ns}
C ₆ = T ₅ - T ₆	92,57 ^{ns}	30,97 ^{ns}	10,88 ^{ns}	8,75 ^{ns}	3,70 ^{ns}	381,3 ^{ns}
C ₇ = T ₇ - T ₈	94,00 ^{ns}	31,39 ^{ns}	11,13 ^{ns}	8,46 ^{ns}	3,72 ^{ns}	401,2 ^{ns}
	95,45 ^{ns}	30,97 ^{ns}	11,44 ^{ns}	8,28 ^{ns}	3,75 ^{ns}	399,5 ^{ns}
	93,17 ^{ns}	30,76 ^{ns}	11,13 ^{ns}	8,39 ^{ns}	3,58 ^{ns}	376,3 ^{ns}
	96,64 ^{ns}	31,39 ^{ns}	11,68 ^{ns}	8,29 ^{ns}	3,80 ^{ns}	385,3 ^{ns}
	94,25 ^{ns}	30,55 ^{ns}	11,20 ^{ns}	8,26 ^{ns}	3,70 ^{ns}	413,7 ^{ns}
	92,77 ^{ns}	30,97 ^{ns}	11,15 ^{ns}	8,33 ^{ns}	3,72 ^{ns}	379,3 ^{ns}
	93,57 ^{ns}	30,55 ^{ns}	11,10 ^{ns}	8,44 ^{ns}	3,44 ^{ns}	373,3 ^{ns}

¹Obtidos de cinco observações; ²Obtido de quarenta observações; *Contraste significativo pelo teste F em 5% de probabilidade; ^{ns} Contraste não-significativo (P>0,05). RM: ração a base de milho; RS: ração a base de sorgo; AE: apo-éster; CX: cantaxantina; SO: selênio orgânico.

Em relação às variáveis de qualidade do ovo, também não foram verificados contrastes significativos pelo teste F (P>0,05), conforme descrito nas Tabelas 15 e 16.

Tabela 15 - Médias e desvios padrão¹ dos constituintes do ovo de codornas japonesas e comparação entre as médias dos contrastes ortogonais com a respectiva significância de acordo com o tratamento.

Tratamento	Peso da gema (g)	Peso do albúmen (g)	Peso da casca (g)
T ₁ : RM	3,85±0,21	7,39±0,21	0,98±0,07
T ₂ : RM+ SO	3,83±0,17	7,31±0,33	0,98±0,03
T ₃ : RS	3,78±0,063	7,26±0,17	1,04±0,04
T ₄ : RS + SO	3,80±0,17	7,46±0,39	1,00±0,05
T ₅ : RS + AE	3,89±0,29	7,65±0,36	1,06±0,03
T ₆ : RS+AE +CX	3,78±0,086	7,45±0,35	1,01±0,06
T ₇ : RS+AE +CX +SO	3,80±0,052	7,32±0,28	1,05±0,03
T ₈ : RS+AE +SO	3,90±0,099	7,44±0,49	1,03±0,08
CV(%) ²	4,32	4,54	5,19
Contraste	Comparação entre as médias (C _x =a-b)		
C ₂ = (T ₁ +T ₂) - (T ₃ +T ₄)	3,84 ^{ns}	7,35 ^{ns}	0,98 ^{ns}
	3,79 ^{ns}	7,36 ^{ns}	1,02 ^{ns}
C ₃ = T ₁ - T ₂	3,85 ^{ns}	7,39 ^{ns}	0,98 ^{ns}
	3,83 ^{ns}	7,31 ^{ns}	0,98 ^{ns}
C ₄ = T ₃ - T ₄	3,78 ^{ns}	7,26 ^{ns}	1,04 ^{ns}
	3,80 ^{ns}	7,46 ^{ns}	1,00 ^{ns}
C ₅ = (T ₅ + T ₆) - (T ₇ + T ₈)	3,83 ^{ns}	7,55 ^{ns}	1,04 ^{ns}
	3,85 ^{ns}	7,38 ^{ns}	1,04 ^{ns}
C ₆ = T ₅ - T ₆	3,89 ^{ns}	7,65 ^{ns}	1,06 ^{ns}
	3,78 ^{ns}	7,45 ^{ns}	1,01 ^{ns}
C ₇ = T ₇ - T ₈	3,80 ^{ns}	7,32 ^{ns}	1,05 ^{ns}
	3,90 ^{ns}	7,44 ^{ns}	1,03 ^{ns}

¹Obtidos de cinco observações; ²Obtido de quarenta observações; *- Contraste significativo pelo teste F em 5% de probabilidade; ^{ns}- Contraste não-significativo (P>0,05). RM: ração a base de milho; RS: ração a base de sorgo; AE: apo-éster; CX: cantaxantina; SO: selênio orgânico.

Estes resultados diferem daqueles relatados por PAYNE et al. (2005) e PATTON et al. (2002), que verificaram aumento linear no peso dos ovos de poedeiras suplementadas com selênio orgânico.

Tabela 16- Médias e desvios padrão¹ das variáveis de qualidade do ovo de codornas japonesas e comparação entre as médias dos contrastes ortogonais com a respectiva significância de acordo com o tratamento.

Tratamento	% Gema	% albúmen	% casca	Espessura da casca (μm)	Peso específico da casca (g/cm^3)
T ₁ : RM	31,32±1,23	60,47±0,98	8,03±0,40	275±0,013	1,068±0,003
T ₂ : RM+ SO	30,95±1,03	60,72±1,13	8,34±0,41	279±0,007	1,070±0,002
T ₃ : RS	30,68±0,45	60,88±0,60	8,41±0,32	282±0,016	1,073±0,001
T ₄ : RS + SO	31,28±0,83	60,33±1,08	8,35±0,39	286±0,011	1,068±0,002
T ₅ : RS + AE	30,92±1,88	60,70±1,94	8,38±0,15	294±0,010	1,067±0,011
T ₆ : RS+AE +CX	30,86±0,83	60,87±1,03	8,28±0,49	287±0,010	1,069±0,003
T ₇ : RS+AE +CX +SO	31,18±0,91	60,05±0,90	8,52±0,15	293±0,012	1,072±0,003
T ₈ : RS+AE +SO	31,41±1,67	60,21±1,42	8,34±0,30	286±0,004	1,068±0,002
CV (%) ²	3,83	1,97	4,15	3,86	6,79
Contraste	Comparação entre as médias ($C_x=a-b$)				
C ₂ = (T ₁ +T ₂) - (T ₃ +T ₄)	31,13 ^{ns}	60,60 ^{ns}	8,19 ^{ns}	277 ^{ns}	1,069 ^{ns}
C ₃ = T ₁ - T ₂	30,95 ^{ns}	60,72 ^{ns}	8,34 ^{ns}	279 ^{ns}	1,070 ^{ns}
C ₄ = T ₃ - T ₄	30,68 ^{ns}	60,88 ^{ns}	8,41 ^{ns}	282 ^{ns}	1,073 ^{ns}
C ₅ = (T ₅ + T ₆) - (T ₇ + T ₈)	30,89 ^{ns}	60,79 ^{ns}	8,33 ^{ns}	291 ^{ns}	1,068 ^{ns}
C ₆ = T ₅ - T ₆	30,92 ^{ns}	60,70 ^{ns}	8,38 ^{ns}	294 ^{ns}	1,067 ^{ns}
C ₇ = T ₇ - T ₈	31,18 ^{ns}	60,05 ^{ns}	8,52 ^{ns}	293 ^{ns}	1,072 ^{ns}
	31,41 ^{ns}	60,21 ^{ns}	8,34 ^{ns}	286 ^{ns}	1,068 ^{ns}

¹- Obtidos de cinco observações; ²- Coeficiente de variação - Obtido de quarenta observações; *- Contraste significativo pelo teste F em 5% de probabilidade; ^{ns}- Contraste não-significativo (P>0,05). RM: ração a base de milho; RS: ração a base de sorgo; AE: apo-éster; CX: cantaxantina; SO: selênio orgânico.

Os resultados concordam com as observações relatadas por CANTOR et al. (2000); PATTON (2000) e PATTON et al. (2002), que não verificaram efeito do

selênio orgânico sobre a qualidade interna e para qualidade da casca dos ovos de poedeiras (PAPAS et al., 2005).

De acordo com os resultados obtidos no presente estudo, verifica-se que os pigmentantes sintéticos não exercem efeito sobre os parâmetros de desempenho zootécnico e de qualidade do ovo de codornas japonesas. Essa observação vai de encontro aos resultados descritos na literatura (já referenciados) e com os dados técnicos do produto, informados pelo fabricante.

Quanto ao selênio orgânico, apesar das evidências de que a suplementação deste mineral potencialize a metabolização dos nutrientes (LEESON e SUMMERS, 1997), favorecendo a melhora dos índices zootécnicas das aves, este efeito não foi constatado no presente estudo.

Desta forma, é possível inferir que a concentração de selênio proveniente dos ingredientes da ração, assim como do suplemento mineral, atendeu às exigências deste mineral para as codornas. O desempenho semelhante entre os diferentes grupos experimentais indica que não houve efeito antagônico por uma possível intoxicação causada pelo selênio.

A suplementação de rações com pigmentantes sintéticos e selênio orgânico com o objetivo de potencializar os índices zootécnicos da codorna japonesa não se justifica, tanto pelo aspecto nutricional quanto pelo econômico, uma vez que a inclusão destes aditivos onerou significativamente o custo da formulação.

As análises dos parâmetros relacionados à cor mostraram diferenças significativas entre os tratamentos e os períodos ($P < 0,05$). Para o padrão de cor da gema medido através do escore colorimétrico da DSM, houve interação significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos e os períodos experimentais. Também houve efeito significativo isolado para os tratamentos (análise por contrastes ortogonais) e para os períodos experimentais (análise por equações de regressão). As médias dos tratamentos, os efeitos e as médias dos contrastes ortogonais encontram-se na Tabela 17.

Tabela 17 - Médias e desvios padrão¹ e significância dos contrastes ortogonais do escore colorimétrico DSM da gema dos ovos de codornas japonesas, no período de 7 a 28 dias após o uso das rações experimentais.

Tratamento	Período (dias)			
	7	14	21	28
T ₁ : RM	5,80±0,48	5,50±0,31	5,50±0,35	5,35±0,29
T ₂ : RM+ SO	5,50±0,40	6,00±0,31	6,45±0,37	6,00±0,79
T ₃ : RS	4,15±0,45	1,25±0,25	1,85±0,42	1,90±0,38
T ₄ : RS + SO	3,90±0,22	1,15±0,14	1,85±0,22	1,80±0,41
T ₅ : RS + AE	6,25±1,16	5,70±0,54	5,80±0,36	5,55±0,37
T ₆ : RS+AE +CX	6,90±0,22	11,95±0,45	11,70±0,37	12,00±0,47
T ₇ : RS+AE +CX +SO	7,60±0,52	12,05±0,51	11,75±0,18	12,20±0,33
T ₈ : RS+AE +SO	5,25±0,53	6,10±0,52	6,00±0,35	5,50±0,40
Contraste	Comparação entre as médias (C _x =a-b)			
C ₈ /P= 3(T ₁ +T ₂) - (T ₄ +T ₅ +T ₆ +T ₇ +T ₈)	5,65 ^{ns}	5,75*	5,98*	5,68*
	5,68	6,37	6,49	6,49
C ₉ /P= T ₁ -T ₂	5,80 ^{ns}	5,50*	5,50*	5,35*
	5,50	6,00	6,45	6,00
C ₁₀ /P= 2(T ₃ +T ₅)-(T ₄ +T ₆ +T ₇ +T ₈)	5,20 ^{ns}	3,48**	3,83**	3,73**
	5,91	7,81	7,83	7,88
C ₁₁ /P= T ₃ - T ₅	4,15**	1,25**	1,85**	1,90**
	6,25	5,70	5,80	5,55
C ₁₂ /P= 2T ₄ -(T ₅ +T ₆)	3,90**	1,15**	1,85**	1,80**
	6,58	8,83	8,75	8,78
C ₁₃ /P= 2T ₆ - (T ₇ +T ₈)	6,90 ^{ns}	11,95**	11,70**	12,00**
	6,43	9,08	8,88	8,85
C ₁₄ /P= T ₇ - T ₈	7,60**	12,05**	11,75**	12,20**
	5,25	6,10	6,00	5,50

¹Obtidos de cinco observações; *- Contraste significativo pelo teste F em 5% de probabilidade; **- Contraste significativo pelo teste F em 1% de probabilidade; ^{ns}-Contraste não-significativo (P>0,05); P - período de 7 a 28 dias após o uso da ração. RM: ração a base de milho; RS: ração a base de sorgo; AE: apo-éster; CX: cantaxantina; SO: selênio orgânico.

Na primeira semana (0-7 dias) os contrastes C8 e C9 não foram significativos ($P > 0,05$), indicando que as aves que receberam ração a base de milho (RM) ou sorgo (RS) possuíam reservas hepáticas e/ou foliculares de pigmentos para manutenção da coloração da gema.

A partir da segunda semana, houve redução significativa na coloração da gema dos ovos oriundos dos tratamentos a base de sorgo obtendo-se valores próximos a um no escore colorimétrico.

Porém, a suplementação com pigmentantes sintéticos melhorou significativamente a coloração das gemas das codornas alimentadas com rações à base de sorgo (contrastos C10, C11, C12 e C13), após sete dias decorridos do experimento. Essa resposta indica um efeito cumulativo dos pigmentos dietéticos nos folículos em maturação, provenientes do sistema hepático.

A intensidade de pigmentação das gemas, de acordo com o escore colorimétrico, foi diretamente influenciada pelo tipo de pigmentante suplementado (apo-éster e/ou cantaxantina). A adição apenas do apo-éster promoveu uma coloração de gema semelhante à obtida nos ovos das aves que receberam ração a base de milho (entre cinco e seis no escore colorimétrico DSM), e que normalmente é o padrão comercial.

Porém, quando a cantaxantina foi adicionada juntamente com o apo-éster, foram observados valores entre 11 e 12 no escore colorimétrico. A suplementação de pigmentantes sintéticos para obtenção deste padrão de cor de gema não é recomendada para ovos de codornas, uma vez que não há exigência de mercado que justifique economicamente a inclusão desses aditivos.

Nas rações formuladas a base de milho, o selênio orgânico promoveu aumento significativo na cor da gema observado com escore colorimétrico DSM (Contraste C9). Apesar da diferença numérica, esta observação é de significado prático irrelevante, pois, os valores de cor de gema situados entre cinco e seis no escore colorimétrico são considerados como o padrão de cor de gema de ovos provenientes de aves alimentadas com rações à base de milho.

A melhora na cor da gema ocorreu, provavelmente, devido à potencialização na deposição dos pigmentos do milho, na gema, no decorrer do tempo, promovida pelo selênio orgânico.

Essa hipótese é reforçada por HARMS et al. (1984), pois, afirmaram que a adição de níveis gradativos de selênio melhora significativamente a coloração da

gema, indicando uma proteção antioxidante a pigmentos lipossolúveis. O selênio favorece, também, a passagem de pigmentos para dentro do folículo, ou a formação de lipoproteínas que transportam estas substâncias para dentro do folículo em maturação (BURLEY et al., 1993).

Entretanto, a suplementação com selênio orgânico nas rações a base de sorgo não melhorou a coloração da gema dos ovos (contraste C12), mesmo quando adicionado juntamente com os pigmentos sintéticos (contraste C13).

Foi observado efeito significativo ($P < 0,05$) dos períodos experimentais sobre os tratamentos T3 (RS), T4 (RS+SO), T6 (RS+AE+CX) e T7 (RS+AE+CX+SO). De acordo com os tratamentos, as respostas foram estimadas por equações de regressão e calculados os pontos de máxima função para se determinar o dia em que ocorreu o maior valor de cor da gema no escore colorimétrico, conforme descrito na Tabela 18.

Tabela 18 – Equações de regressão estimadas para o parâmetro escore colorimétrico DSM (EC) em função dos períodos experimentais

Tratamento	Equação	R ²	PMF ¹ (dias)	EC
T ₁ : RM	-	-	-	-
T ₂ : RM+ SO	-	-	-	-
T ₃ : RS	$Y = 7,51 - 0,562X + 0,015X^2$	0,76	18,70	2,25
T ₄ : RS + SO	$Y = 6,95 - 0,652X + 0,014X^2$	0,75	23,29	1,45
T ₅ : RS + AE	-	-	-	-
T ₆ : RS+AE +CX	$Y = 0,94 + 1,06X - 0,024X^2$	0,89	22,08	12,64
T ₇ : RS+AE +CX +SO	$Y = 2,53 + 0,90X - 0,020X^2$	0,86	22,68	12,81
T ₈ : RS+AE +SO	-	-	-	-

¹Ponto de máxima função; R²: coeficiente de regressão; ^{NS}- efeito não significativo; ^L- efeito linear; *- efeito quadrático; RM: ração a base de milho; RS: ração a base de sorgo; AE: apo-éster; CX: cantaxantina; SO: selênio orgânico.

A Figura 15 ilustra a redução na cor das gemas das codornas alimentadas com ração à base de sorgo (T3). Em torno do 18^o dia decorrido o experimento, foi observado cores de gema com valores médios de 2,0 no escore colorimétrico.

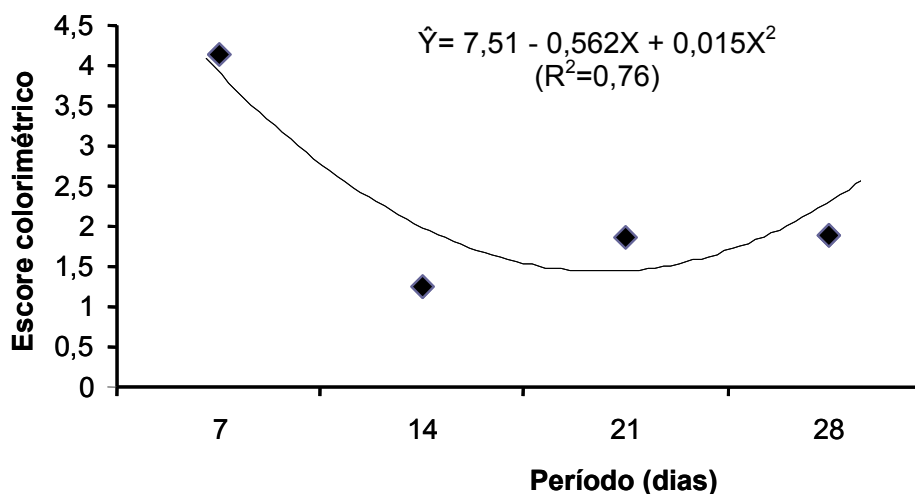


Figura 15 – Escore colorimétrico das gemas dos ovos das aves que receberam ração à base de sorgo em função do período experimental.

Comportamento semelhante foi observado mesmo quando a ração com sorgo foi suplementada com selênio orgânico (T4), conforme ilustrado na Figura 16. O escore médio de cor da gema foi de 1,45, obtido em torno do 19º dia de experimento. Porém, a redução na cor da gema dos ovos foi evidenciada a partir da segunda semana, transcorrido o experimento.

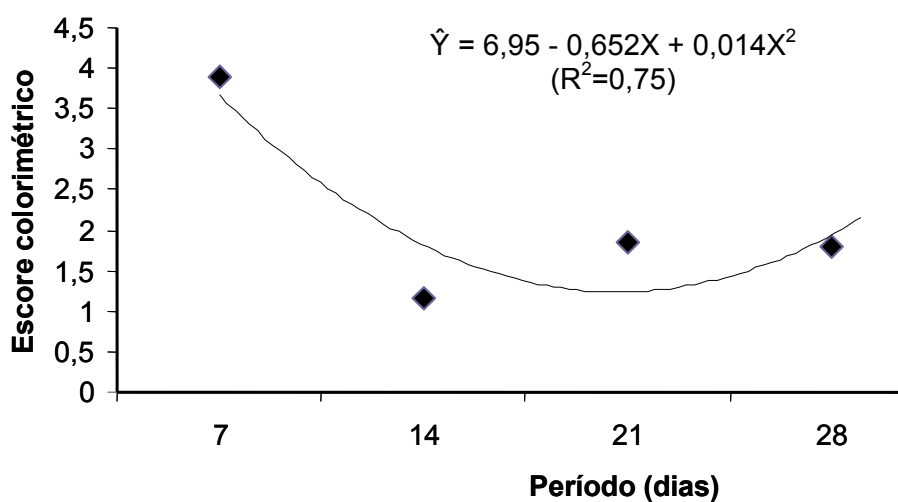


Figura 16 – Escore colorimétrico das gemas dos ovos das aves que receberam ração à base de sorgo + selênio orgânico em função do período experimental.

A redução na pigmentação da gema pode ser explicada pelo esgotamento das reservas hepáticas e foliculares de pigmentos, demandados pela fase de alta produção de ovos (+90%) em que as aves se encontravam, associado à deficiência de pigmentos provenientes da ração experimental.

A adição do pigmentante sintético amarelo apo-éster na ração a base de sorgo, foi suficiente para manter a cor da gema com valores entre cinco e seis no escore colorimétrico no decorrer das semanas, semelhante aos valores obtidos com o uso da ração a base de milho. Resultados equivalentes foram observados quando houve a suplementação do selênio orgânico juntamente com o apo-éster, indicando que a influência do selênio orgânico não foi evidenciada através da metodologia de avaliação visual.

A suplementação da ração com o pigmentante amarelo (apo-éster) e vermelho (cantaxantina) proporcionou gemas com escores de coloração mais elevadas que os demais tratamentos. Foi observado que nos primeiros sete dias após o fornecimento das rações experimentais, o escore colorimétrico aumentou de aproximadamente cinco, para sete (Figura 17).

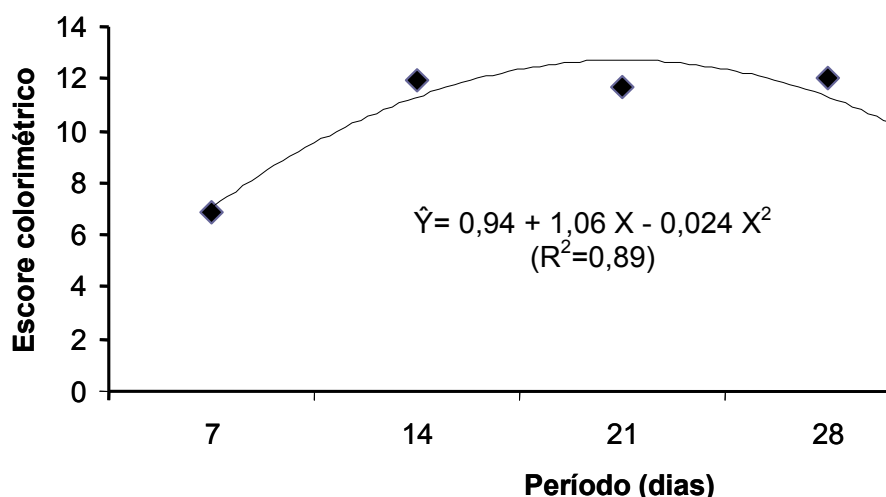


Figura 17 – Escore colorimétrico das gemas dos ovos das aves que receberam ração à base de sorgo + apo-éster + cantaxantina em função do período experimental.

Através deste modelo, foi observada a estabilização da cor por volta da terceira semana após o fornecimento das rações experimentais, obtendo-se valor em torno de 12 no escore colorimétrico DSM. Isso evidencia o efeito cumulativo do pigmentante nos folículos ovarianos e conseqüentemente transferido para as gemas.

O uso associado do selênio orgânico com os pigmentantes sintéticos não melhorou o padrão colorimétrico da gema dos ovos de codornas japonesas em relação às gemas dos ovos obtidas das aves que não foram suplementadas com selênio orgânico, conforme ilustrado na Figura 18.

O ponto de máximo na função e o nível de saturação de cor das gemas dos tratamentos com apenas o apo-éster mais a cantaxantina, e estes associados ao selênio orgânico foi praticamente o mesmo. Para o grupo de aves que receberam ração com apenas apo-éster e cantaxantina, o escore máximo de cor obtido foi de 12,64 (entre 12 e 13) aos 22 dias após o início do experimento. Ao passo que, com a adição do selênio orgânico, o ponto de máxima função para cor foi de 12,81, obtido aos 23 dias a partir do fornecimento das rações experimentais.

Esse resultado é superior ao encontrado por GURBUZ et al. (2003), que encontraram valor de 10,30 no escore colorimétrico quando suplementaram uma ração a base de milho branco para galinhas poedeiras com apo-éster e cantaxantina.

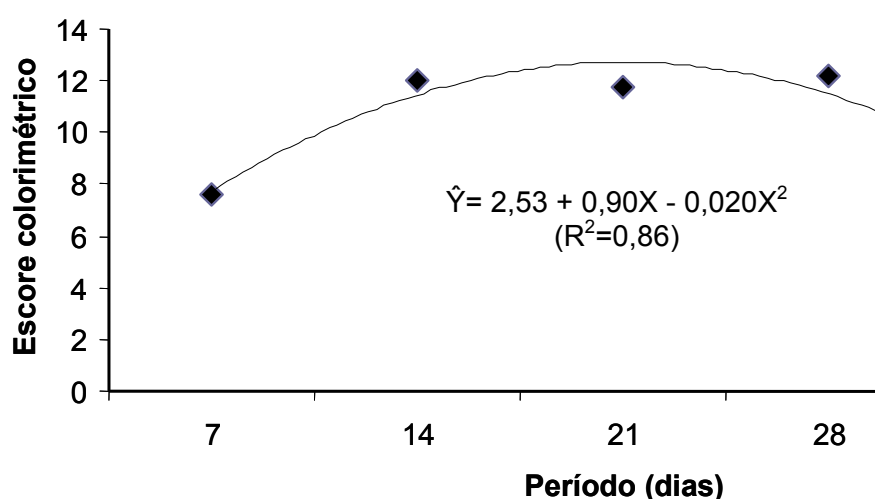


Figura 18 – Escore colorimétrico das gemas dos ovos das aves que receberam ração à base de sorgo + apo-éster + cantaxantina + selênio orgânico em função do período experimental.

Os resultados são semelhantes aos relatados por GAWECKI et al. (1977), que observaram aumento no escore colorimétrico inicial da gema dos ovos de galinhas poedeiras de 4,3 para 10, após duas semanas de suplementação da ração com apo-éster e cantaxantina.

Da mesma maneira, HALAJ et al. (1999) utilizando pigmentante sintético, verificaram aumento linear na pigmentação das gemas após sete dias de suplementação. BAIÃO et al. (1999) e SANTOS-BOCANEGRA et al. (2004) também encontraram valores entre 12 e 13 no escore colorimétrico, quando combinaram os pigmentantes sintéticos amarelo (apo-éster) e vermelho (cantaxantina).

Uma alternativa para se obter um padrão de cor mais elevado, seria a utilização apenas da cantaxantina, conforme observado por GARCIA *et al.* (2002). Eles estudaram os efeitos da adição de cantaxantina 10% sobre a coloração das gemas de ovos de galinhas poedeiras da linhagem Hisex Brown alimentadas com ração a base de milho. O maior valor no escore colorimétrico das gemas foi de 14, obtido com a adição de 60 ppm de cantaxantina em torno do quinto dia após a inclusão do pigmentante.

No presente estudo, quando foi utilizado o pigmentante amarelo (apo-éster), a estabilização no escore da cor da gema foi observada na primeira semana após a suplementação. Porém, quando a cantaxantina foi associada ao apo-éster, a estabilização da cor da gema ocorreu a partir de 14 dias após a suplementação.

De acordo com os resultados apresentados, a utilização do selênio orgânico com o objetivo de elevar o escore colorimétrico das gemas de ovos de codornas japonesas em rações a base de sorgo, suplementadas com pigmentantes sintéticos, não é recomendada. Uma vez que não foram constatadas diferenças visuais entre os tratamentos com ou sem este mineral.

A análise visual da cor pelo escore colorimétrico DSM, que por ser um método subjetivo, está sujeito ao viés do avaliador. Esse efeito é eliminado quando se utiliza o método Minolta de colorimetria por reflectância. Este método fornece informações precisas quanto à influência da utilização de pigmentantes na ração sobre a coloração final da gema, através dos parâmetros a^* e b^* , que se referem às faixas do vermelho e amarelo, respectivamente, no diagrama de cor de Hunter.

Utilizando essa metodologia, foi constatado que houve efeito significativo pelo teste F ($P < 0,05$) entre os tratamentos e entre os períodos experimentais, nos

quais foram avaliados por meio de contrastes ortogonais e por equações de regressão, respectivamente. A Tabela 19 descreve as médias dos tratamentos, a significância e as médias dos contrastes ortogonais para os parâmetros a^* e b^* .

Tabela 19 - Médias e desvios padrão¹ dos parâmetros a^* e b^* da gema de ovos de codornas japonesas, após o uso das rações experimentais, e significância dos contrastes ortogonais.

Tratamento	Parâmetros	
	a^*	b^*
T ₁ : RM	-5,27±0,73	56,16±1,88
T ₂ : RM+ SO	-3,99±0,95	59,19±2,93
T ₃ : RS	-7,13±1,48	31,29±2,71
T ₄ : RS + SO	-7,37±0,41	27,80±2,19
T ₅ : RS + AE	-4,63±1,35	52,40±3,19
T ₆ : RS+AE +CX	8,32±1,31	51,61±2,42
T ₇ : RS+AE +CX +SO	8,13±1,05	51,30±3,35
T ₈ : RS+AE +SO	-5,09±1,16	53,39±2,29
Coeficiente de variação (CV %)	-51,95	5,56
Contraste	Comparação entre as médias ($C_x=a-b$)	
C ₈ /P= 3(T ₁ +T ₂) - (T ₄ +T ₅ +T ₆ +T ₇ +T ₈)	-4,63**	57,67**
	-1,30	44,63
C ₉ /P= T ₁ -T ₂	-5,27**	56,16 ^{NS}
	-3,99	59,19
C ₁₀ /P= 2(T ₃ +T ₅) - (T ₄ +T ₆ +T ₇ +T ₈)	-5,88**	41,85 [†]
	1,00	46,03
C ₁₁ /P= T ₃ - T ₅	-7,13**	31,29**
	-4,63	52,00
C ₁₂ /P= 2T ₄ -(T ₅ +T ₆)	-7,37**	27,80**
	3,79	52,10
C ₁₃ /P= 2T ₆ - (T ₇ +T ₈)	8,32**	51,61 ^{NS}
	1,52	52,35
C ₁₄ /P= T ₇ - T ₈	8,13**	51,30*
	-5,09	53,39

[†]Obtidos de cinco observações; *- Contraste significativo pelo teste F em 5% de probabilidade;

^{NS}- Contraste não-significativo (P>0,05); P- período de 0 a 28 dias após o uso da ração experimental.

RM: ração a base de milho; RS: ração a base de sorgo; AE: apo-éster; CX: cantaxantina; SO: selênio orgânico.

Os valores do parâmetro a^* (corresponde à faixa de cor entre o vermelho e o verde) das gemas dos ovos oriundos dos tratamentos T1, T2, T3, T4, T5 e T8 foram negativos. Isso indica a ausência de pigmentos na faixa do vermelho e presença de pigmentos de cor verde, principalmente nas rações a base de sorgo. Além disso, a inclusão do apo-éster e do selênio orgânico não influenciou este parâmetro com valores que justifiquem seu uso para melhorar esta coordenada.

Através da comparação entre as médias dos tratamentos, por contrastes ortogonais, foi constatado que a adição dos pigmentantes sintéticos aumentou o valor do parâmetro a^* , em relação às rações com milho (contraste C9). Foi verificada resposta semelhante quando as rações com sorgo foram suplementadas com o apo-éster e cantaxantina associados ao selênio (contraste C10) ou não (C12).

Com a adição de cantaxantina nas rações dos tratamentos T6 e T7, os valores de a^* passaram a valores positivos, demonstrando numericamente a participação do pigmento vermelho na composição cromática da gema dos ovos de codornas. O efeito isolado da cantaxantina sobre a coordenada a^* pode ser evidenciada pela comparação entre as médias no contraste C14. Os elevados valores nos coeficientes de variação em torno das médias devem-se à amplitude das médias para o parâmetro a^* , que oscilaram entre valores negativos e positivos.

Para a coordenada b^* (corresponde à faixa de cor entre o amarelo e o azul) foi possível verificar que as gemas dos ovos das aves alimentadas com ração a base de milho (T1 e T2) expressaram maior valor para este parâmetro do que as gemas das aves que receberam ração a base de sorgo suplementadas com pigmentantes sintéticos (T5, T6, T7 e T8). Essa observação pode ser confirmada através da comparação entre as médias dos tratamentos no contraste C8.

Houve efeito significativo para este contraste, sendo observado que a contribuição dos pigmentos amarelos do milho para a coordenada b^* , foram superiores à contribuição dos pigmentos sintéticos nas rações a base de sorgo. Desta maneira, evidencia-se que os pigmentos do milho são mais eficientes para pigmentação de gemas de ovos de codornas do que os pigmentos sintéticos suplementados em rações a base de sorgo.

Obteve-se o valor máximo da coordenada b^* quando a ração a base milho foi suplementada com selênio orgânico. Através do contraste C9 observa-se que o valor b^* aumentou de 56,16, para 59,19 quando o selênio orgânico foi suplementado à ração a base de milho. Essa melhora deve-se, provavelmente, à proteção

antioxidante do selênio sobre os carotenóides presentes no milho (principalmente luteína e zeaxantina), os quais são altamente fotossensíveis, conforme relatado por HARMS et al. (1984), uma vez que os pigmentos do milho são menos eficientes que o apo-éster e a cantaxantina (GONZALES e SARTORI, 1999).

Todavia, não houve efeito significativo do selênio orgânico sobre a cor da gema, quando associado aos pigmentantes sintéticos, conforme os contrastes C10 e C13. O selênio orgânico não melhorou a deposição de pigmento amarelo na gema quando suplementado isoladamente na ração a base de sorgo (contraste C12), em comparação com as rações com pigmentos sintéticos. Essa observação contradiz a conclusão de GONÇALVES et al. (2006) de que o selênio melhora a pigmentação da gema do ovo, quando associada à pigmentantes sintéticos.

O valor da coordenada b^* , quando a cantaxantina foi associada ao apo-éster, foi inferior ao valor observado nas gemas provenientes dos tratamentos com suplementação apenas do apo-éster (ou com o selênio orgânico), conforme observado no contraste C14. Isso ocorreu devido à variação cromática que ocorreu na gema, devido à influência das fontes alimentares com diferentes comprimentos de ondas de luz visível.

De acordo com o uso das rações experimentais, foi constatado efeito significativo dos períodos sobre os parâmetros a^* e b^* das gemas dos ovos de codorna ($P < 0,05$), conforme descrito na Tabela 20.

Tabela 20 – Médias e desvios padrão¹ dos parâmetros a^* e b^* das gemas dos ovos de codornas japonesas em função dos períodos experimentais.

Período experimental (dias) ²	Valor a^*	CV (%)	Valor b^*	CV (%)
7	-2,76±5,92	214,8	50,55±11,60	22,95
14	-2,08±6,27	301,47	47,38±10,94	23,09
21	-1,91±6,29	328,46	47,16±11,08	23,50
28	-1,77±6,46	365,18	46,48±11,32	24,35
Média	-2,13±0,44 ^{L**}		47,89±1,81 ^{Q**}	
Equação de Regressão	$\hat{Y}_a = -2,91 + 0,045X$ ($R^2 = 0,85$)		$\hat{Y}_b = 54,10 - 0,62X + 0,013X^2$ ($R^2 = 0,94$)	

¹Obtidos de cinco observações; CV (%): Coeficiente de variação. L** - efeito significativo para regressão de ordem linear ($p < 0,01$); Q** - efeito significativo para regressão de ordem quadrática ($p < 0,01$).

Para o parâmetro a^* foi observado efeito linear positivo dos períodos experimentais (Figura 19). A cada semana após o início do fornecimento das rações experimentais houve aumento no valor deste parâmetro, ou seja, aumento da deposição de pigmento vermelho.

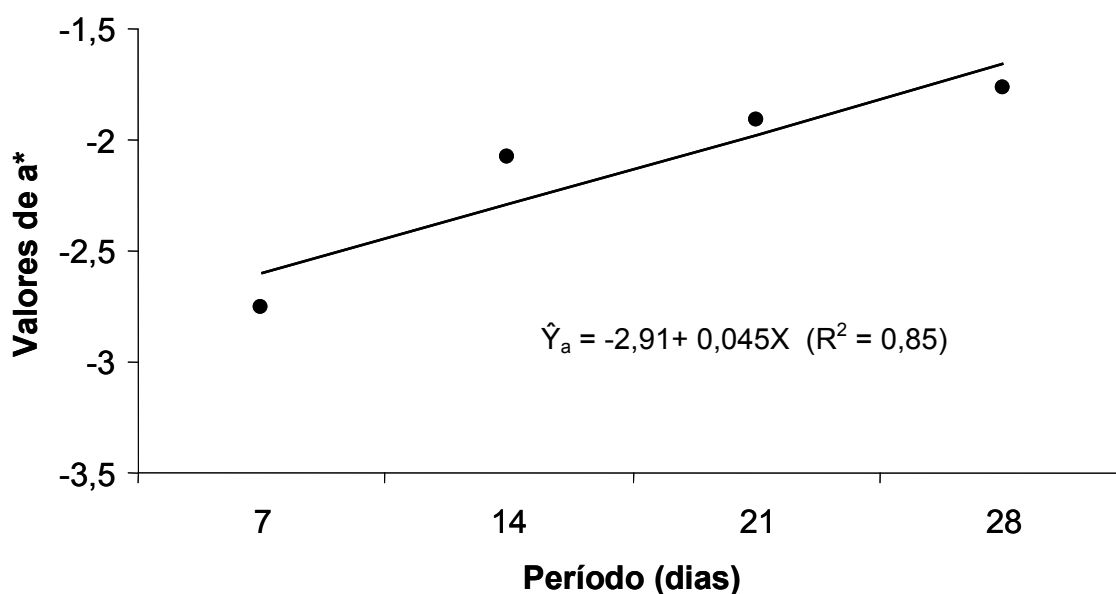


Figura 19 – Valores de a^* em função dos períodos experimentais.

No caso do parâmetro b^* , ocorreu efeito quadrático, em que o valor máximo do parâmetro (50,55) foi observado no primeiro período experimental (0 a 7 dias) com posterior redução até o valor de 46,71, observado no 24º dia após o início do experimento. Esse efeito ocorreu devido à estabilização na reserva de pigmentos foliculares das aves que receberam ração a base de sorgo com a inclusão da cantaxantina, conforme a Figura 20.

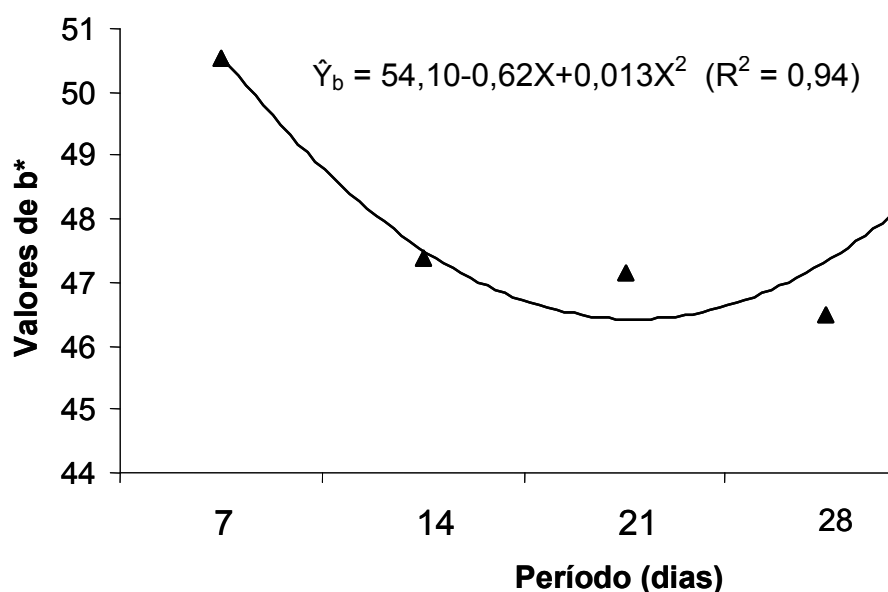


Figura 20 – Valores de b* em função dos períodos experimentais.

O resultados para os parâmetros a^* e b^* , são compatíveis com os relatados por BAIÃO et al. (1999), que trabalhando com oxicarotenóides para galinhas poedeiras, concluíram que o pigmentante apo-éster é mais eficiente que fontes de pigmentos naturais e que uma relação de 2:1 de pigmento amarelo e vermelho é mais adequada para uma boa coloração de gema.

De acordo com os resultados do presente estudo, foi constatada a eficiência das diferentes combinações de apo-éster e cantaxantina com ou sem selênio orgânico nas rações com milho ou sorgo. Porém, a decisão a ser tomada quanto da utilização dos mesmos deverá considerar a relação benefício/custo da inclusão desses aditivos à ração e às exigências de mercado.

Normalmente o ovo de codorna é consumido inteiro e a cor da gema não é considerada pelo consumidor. Já o ovo de galinha é submetido à cocção ou fritura e desta forma a cor da gema passa a ser um critério de avaliação de qualidade e de escolha pelo consumidor. Além disso, a gema do ovo de galinha é utilizada como matéria-prima por panificadoras e indústrias de alimentos e da mesma forma a coloração da gema tem relevante importância de mercado.

Sob o ponto de vista econômico, foi observado que a inclusão dos pigmentantes e do selênio orgânico promoveram aumento considerável no custo das formulações de ração.

O custo da ração referência a base de milho (RM) foi de R\$ 704,53 por tonelada, ao passo que a substituição total do milho, pelo sorgo (RS), promoveu redução do custo para R\$ 700,90 a tonelada. Porém, à medida que o selênio orgânico, o apo-éster e a cantaxantina, foram suplementados, o custo calculado foi de R\$ 704,30; R\$ 760,90 e R\$ 850,90 por tonelada de ração, respectivamente. Quando os três aditivos foram adicionados conjuntamente na ração, o custo da ração foi de R\$ 854,30 a tonelada.

A discrepância nos custos por tonelada de ração deve-se principalmente ao custo elevado dos aditivos. Os pigmentantes sintéticos amarelo (apo-éster 10%) e vermelho (cantaxantina 10%) são comercializados ao custo médio de R\$ 150,00 e R\$ 300,00 por quilograma, respectivamente. O custo do selênio orgânico é comercializado em torno de R\$ 17,00 por quilograma.

A diferença entre o custo da ração referência (RM) e a ração a base de sorgo (RS) foi de R\$ 3,63 por tonelada. Esses valores são representativos quando é considerado o volume de ração produzido anualmente para fomento da atividade.

A diferença monetária entre a ração a base de sorgo e àquela suplementada com apo-éster 10% (R\$ 760,90) foi de R\$ 69,00. Esse valor é o dobro do calculado por WILLIAMS (1992), ao concluir que o incremento na pigmentação da gema aumenta o custo das rações entre R\$ 10,00 e R\$ 30,00 por tonelada.

Os resultados indicam que a suplementação de rações a base de sorgo com pigmentantes sintéticos e/ou selênio orgânico é inviável sob o aspecto econômico, e, portanto, sua utilização não é recomendada.

Essa conclusão é corroborada por MORENO et al. (2007), que avaliou o custo das rações de acordo com os níveis de substituição do milho pelo sorgo e a inclusão de pigmentantes naturais. O autor concluiu que o sorgo pode substituir totalmente o milho, porém, a inclusão de pigmentantes naturais deve ser reduzida, pois, onera o custo das rações.

CONCLUSÕES

Pelo presente estudo conclui-se:

1. A substituição total do milho, pelo sorgo, interferiu negativamente na pigmentação da gema;
2. A suplementação das rações com selênio orgânico e pigmentantes sintéticos não influenciou nenhum dos índices zootécnicos avaliados, exceto para o padrão cromático das gemas;
3. A suplementação das rações a base de sorgo com pigmentantes sintéticos melhorou o escore colorimétrico e perfil cromático da gema;
4. O selênio orgânico aumentou o valor da coordenada a^* (faixa do amarelo) das gemas dos ovos de codornas alimentadas com ração à base de milho;
5. A suplementação das rações a base de sorgo com pigmentantes sintéticos e selênio orgânico não é recomendada, pois, elevou consideravelmente o custo das rações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGELES, M.; SCHEIDELER, S. Effect of diet, level, and source of xanthophyll on hen performance and egg yolk pigmentation. PSA'98. Annual Meeting Abstracts Pinnstater Conference Center. (August 2-5), Inc. Official Journal of the Poultry Science Association, **Abstracts...**, v. 77, p.1-18. 1998.
- BAIAO, N.C.; MENDEZ, J.; MATEOS, J.; GARCIA, M.; MATEOS, G.G. Pigmenting efficacy of several oxycarotenoids on egg yolk. **Journal Applied of Poultry Research**, v.8, p.472-479, 1999.
- BARRETO, S.L.T.; PEREIRA, C.A.; UMIGI, R.T.; et al. Determinação da exigência nutricional de cálcio de codornas japonesas na fase inicial do ciclo de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.68-78, 2007.

- BIBLE, B.B.; SINGHA, S. Canopy position influences cielab coordinates of peach color. **Hortscience**, St. Joseph, v.28, n.10, p. 992-993, 1997.
- BURLEY, R. W., EVANS, A. J., PEARSON, J. A. Molecular aspects of the synthesis and deposition of hens' egg yolk with special reference to low density lipoprotein. **Poultry science**, v.72, p.850-855. 1993.
- CANTOR, A.H.; M.L. STRAW; M.J. FORD; A.J.; et al. Effect of feeding organic selenium in diets of laying hens on egg selenium content. In: **Egg Nutrition and Biotechnology**. J. S. Sim, S. Nakai, and W. Guenter, ed. CABI Publishing, New York, NY. p.473. 2000.
- FAQUINELLO, P.; MURAKAM, A.E.; CELLA, P.S.; et al. Hight tannin sorghum in diets of Japanese Quail (*Coturnix coturnix japonica*). **Brasilian Journal of Poultry Science**, v. 6, p. 81-86, 2004.
- GALOBART, J.; SALA, R.; RINCO, X.; et al. Egg Yolk Color as Affected by Saponification of Different Natural Pigmenting Sources. **Journal Applied of Poultry Research**, 13:328–334. 2004.
- GARCIA, E.A; MENDES, A.A.; PIZZOLANTE, C.C. et al. Efeito dos Níveis de Cantaxantina na Dieta Sobre o Desempenho e Qualidade dos Ovos de Poedeiras Comerciais. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.04, p.01-07, 2002.
- GAWECKI, K.; POTKANMSKI, A.; LIPINSKA, H. Effect of *carophyll* Yellow and *carophyll* Red added to commercial feeds for laying hens on yolk color and its stability during short-term refrigeration. **Roczniki Akademii Rolniczes Poznaniu**, v. 94, p. 85-93, 1977.
- GONÇALVES, F.M.; RECH, J.L.; RUTZ, F.; ET AL. Influência da fonte de selênio na coloração da gema do ovo. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPel, 14., 2006, Pelotas. **Anais eletrônicos...** Pelotas: UFPel, 2006. Disponível em: <[http:// www.ufpel.edu.br/cic/2006/arquivos/indice_CA.html](http://www.ufpel.edu.br/cic/2006/arquivos/indice_CA.html)>. Acesso em: 01/03/2008.
- GONZALES, E., SARTORI, J. R. **Aditivos para rações de aves e suínos**. Unesp, Botucatu: FCAUNESP, p. 40-42, 1999.
- GURBUZ, Y.; YASAR, S.; KARAMAN, M. Effect of red pepper on egg yolk colour and egg production. **International Journal of Poultry Science**, v.2, n.2, p.107-111, 2003.
- HALAJ, M.; HALAJ, P.; VALASEK, F.; et al. The effect of synthetic pigment addition to feed on the color of hen egg yolk. **Czech Journal of Animal Science**, v.44, p.187-192, 1999.
- HARMS, R. H., BURESH, R. E., DAMRON, B. L. The in vivo benefit of ethoxyquin for egg yolk pigmentation. **Poultry Science**, v.63, p.1659-1660. 1984.

- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Pecuária Municipal: Efetivos e produção de origem animal 2004-2005**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=759eid_pagina=1> Acessado em 29/03/2008, 15:33 h.
- LEESON, S.E., SUMMERS, J.D. **Commercial Poultry Nutrition**. 2nd edition, University Books, Guelph, Ontário, Canada. 350p. 1997.
- MORENO, J.O.; ESPINDOLA, G.B.; SANTOS, M.S.V.; et al. Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais, alimentadas com dietas contendo sorgo e páprica em substituição ao milho. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.29, p.159-163, 2007.
- NORDSTROM, J.O.; OUSTERHOUT, L.E. Estimation of shell weight and shell thickness from egg specific gravity and egg weight. **Poultry Science Journal**, v.61, p. 1991-1995.1982.
- NUTRIENT requirements of poultry. 9.ed. Washington: **National Research Council**, 1994. p.44-45.
- OLIVEIRA, A.M.; FURLAN, A.C.; MURAKAMI, A.E. et al. Exigência nutricional de lisina para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.1050-1053, 1999.
- PAPPAS, A.C.; ACAMOVIC, T.; SPARKS, N.H.C.; SURAI, P.F.; MCDEVITT, R. M. Effects of supplementing broiler breeder diets with organic selenium and polyunsaturated fatty acids on egg quality during storage. **Poultry Science**, v.84, p.865–874, 2005.
- PATTON, N. D. Organic selenium in the nutrition of laying hens: Effects on egg selenium content, egg quality and transfer to developing chick embryos. Ph.D. (**Tesis**), Univ. Kentucky, Lexington, KY. 2000.
- PATTON, N.D.; CANTOR, A.H.; PESCATORE, A. J. et al . Absorption of selenium by developing chick embryos during incubation. In: BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY. ALLTECH'S 18TH ANNUAL SYMPOSIUM. **Proceedings...** (T.P. Lyons and K.A. Jacques, eds), Nottingham University Press, Nottingham, UK, p.35-55, 2002.
- PAYNE, R.L.; LAVERGNE , T. K.; SOUTHERN, L. L. Effect of Inorganic Versus Organic Selenium on Hen Production and Egg Selenium Concentration. **Poultry Science**, v.84, p.232–237, 2005.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suíno: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa: UFV, DZO, 2005. 186 p.

- SANTOS-BOCANEGRA, E.; OSPINA-OSORIO, X.; OVIEDO-RONDÓN, E.O. Evaluation of Xanthophylls Extracted from *Tagetes erectus* (Marigold Flower) and *Capsicum* Sp. (Red Pepper Paprika) as a Pigment for Egg-yolks Compare with Synthetic Pigments. **International Journal of Poultry Science**, v.3, n.11, p. 685-689, 2004.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.
- SILVA, J.H.V.; ALBINO, L.F.T.; GODÓI, M.J.S. Efeito do extrato de urucum na pigmentação da gema dos ovos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 29, n. 05, 2000. p.1435-1439.
- TEMMINCK, C.; H. SCHLEGEL. **Description des oiseaux observés au Japon par les voyageurs Hollandais**. In: P.F. von Siebold, (ed.). II. Aves: 142p. 1849.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG)**. Versão 8.1. Viçosa, 2007. 301 p.
- WILLIAMS, W.D. Origin and impact of color on consumer preference for food. **Poultry Science**, v.71, p. 744-746, 1992.

4.4. EFEITO DE PIGMENTANTES SINTÉTICOS SOBRE AS CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS DE OVOS DE CODORNAS JAPONESAS

RESUMO

Objetivou-se com este estudo avaliar as características sensoriais dos ovos de codornas alimentadas com rações formuladas com sorgo, em substituição total ao milho, com a inclusão de pigmentantes sintéticos amarelo (apo-éster) e vermelho (cantaxantina) e do selênio orgânico (selenometionina). Foram utilizadas 125 codornas japonesas com 100 dias de idade distribuídas em delineamento inteiramente casualizado nos seguintes tratamentos: T1: ração referência a base de milho; T2: ração a base de sorgo (RS); T3: RS+apo-éster; T4: RS+apo-éster+cantaxantina e T5: RS+apo-éster+cantaxantina+selênio orgânico. Utilizou-se 30 painelistas não-treinados para avaliação quanto ao sabor do ovo e cor da gema, analisado pelo Teste de Comparação Pareada - Grau de diferença com 0,05 de probabilidade. Os dados obtidos, referentes ao atributo sabor e cor, ao serem analisados utilizando a tabela de número mínimo de respostas coincidentes, em nível de 5% de significância, demonstram que o painel de painelistas detectou diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos. O grau de diferença para o atributo cor foi considerado de leve a intenso (1,66 a 4,20). A diferença de cor foi mais intensa no tratamento 2, cujas aves foram alimentadas com ração a base de sorgo. A utilização de pigmentantes sintéticos e do selênio orgânico, em rações a base de sorgo, alteram o sabor dos ovos de codornas japonesas. A utilização de pigmentantes sintéticos (etil-éster- β - apo-8-caroteno e cantaxantina), em rações a base de sorgo, altera a cor da gema de ovos de codornas japonesas. O selênio orgânico contribui para alteração do sabor ou cor quando associado aos pigmentantes sintéticos.

Palavras-chave: análise sensorial, qualidade do ovo, *Coturnix japonica*, selênio orgânico, cantaxantina, apocaroteno.

*SYNTHETIC COLORFUL PIGMENT EFFECTS ON EGG SENSORIAL
CHARACTERISTICS OF JAPANESE QUAILS (*Coturnix japonica*)*

ABSTRACT

External synthetic colorful pigments are supplemented in diets of Japanese quails when corn is replaced by sorghum to compensate the decrease in egg yolk color. In this research the objective was to evaluate the effect of the following synthetic pigments: yellow (ester-apo), red (canthaxantin) and organic selenium (selenomethionine) on sensorial characteristics of Japanese quails eggs fed diets were corn replaced by sorghum. The following treatments were used: T1: control diet (CD); T2: sorghum diet (SD); T3: SD +ester-apo; T4: SD+ ester-apo+ canthaxantin; T5: SD+ester-apo+canthaxantin+ organic selenium. Thirty non-trained judges evaluated egg flavor and yolk color. Mean differences were accessed by paired comparison test at 5% significance level. Significant differences among treatments were observed for flavor and color characteristics of the egg, using a minimum number of coincident answers at the 5% significance level. The degree of color differences ranged from moderate to intense (1.66 to 4.20). The degree of color difference was high for quails fed only with sorghum diets (T2). Synthetic colorful pigments in sorghum based diets modified egg flavor and improved egg yolk color of Japanese quails. The organic selenium associated to synthetic colorful pigments also modified flavor and color of eggs of Japanese quails.

Keywords: apocarotenoids, canthaxantin, egg color, egg quality, selenomethionine

INTRODUÇÃO

Nos sistemas intensivos de produção avícola, como por exemplo, a coturnicultura, muitas vezes faz-se necessário alterar as fórmulas das rações por uma questão de ajuste de custos. Para isso, é freqüente a substituição parcial ou total do milho por outros ingredientes, tais como, o sorgo, farelo de arroz, farelo de trigo, dentre outros, de acordo com as peculiaridades de cada região.

No caso específico do sorgo, altas relações de substituição promovem a redução na pigmentação da gema, pelo fato desse cereal ser deficiente em carotenóides xantofílicos. Esse efeito normalmente deprecia o valor mercadológico do ovo, sendo necessária a inclusão de fontes adicionais de pigmentantes (SILVA et al., 2000).

Existem no mercado pigmentantes naturais, como os extraídos do pimentão vermelho (*Capsicum annuum*), denominado capsantina e o de cor amarela extraído da flor Marigold (*Tagetes erecta*), que são produzidos principalmente no nordeste brasileiro. Além desses, o urucum (*Bixa orellana* L.) tem sido amplamente utilizado como fonte exógena de pigmentação de gemas de ovos de codornas (OLIVEIRA et al., 2007) e de poedeiras (SILVA et al., 2000 e HARDER, 2005).

Os pigmentantes sintéticos amarelos são produtos com alta concentração de pigmentos amarelos que ocorrem na natureza como produto metabólico do apocaroteno. Sua forma comercial é o *etil éster beta apo-8-caroteno* (*Carophyll[®] Yellow*).

Já o pigmento vermelho sintético é a cantaxantina (*4,4'-diketo- β -caroteno*). A cantaxantina é usada tanto para a coloração da gema de ovos de galinhas de postura quanto para a pigmentação de pele de frangos de corte (*Carophyll[®] Red*). Não existem fontes naturais de cantaxantina apesar desse composto ser amplamente disponível na natureza (GARCIA et al., 2002).

Os pigmentos amarelos e vermelhos podem ser adicionados à ração isolados ou associados, de acordo com o grau de pigmentação que se deseja obter, que varia em função da formulação utilizada. Outro fator que deve ser levado em consideração é o custo da inclusão destes produtos.

Para estabilização dos pigmentantes aos processos de oxidação, é necessária a utilização de antioxidantes nas rações. O selênio orgânico (selenometionina) tem se mostrado um efetivo antioxidante e potencializador de pigmentação (GONÇALVES et al., 2006).

Entretanto, não foram encontradas referências na literatura que relacionam a utilização de aditivos pigmentantes sintéticos com alterações nos atributos sensoriais dos ovos, tais como, textura, odor, cor da gema e sabor.

A cor da gema é comumente relacionada à qualidade nutricional do ovo e muitas vezes é ferramenta decisória para a aquisição do produto pelo consumidor.

Porém, o sabor do produto é a característica sensorial que faz com que o consumidor tenha interesse pelo produto.

Independente da substituição de um ingrediente por outro, ou da inclusão de um aditivo, ser zootecnicamente viável, o foco deve ser sempre o consumidor final e cabe a ele a aprovação ou a rejeição do produto.

Devido ao exposto, faz-se necessário investigar a opinião do consumidor quanto às características sensoriais do ovo de codornas alimentadas com rações formuladas com sorgo (em substituição total ao milho) e com adição de pigmentante sintético amarelo (apo-éster) e vermelho (cantaxantina) e selênio orgânico (selenometionina).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia e no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Ciências Domésticas, situados na Universidade Federal Rural de Pernambuco. Foram utilizadas 125 codornas japonesas, linhagem Fujikura, com 100 dias de idade.

Após a uniformização dos lotes (pelo peso corporal e pela produção de ovos) as aves foram alojadas em 25 gaiolas metálicas (25x25x20cm) em delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos, cinco repetições e cinco codornas por unidade experimental. Os tratamentos foram distribuídos da seguinte forma:

- **Tratamento 1:** ração referência a base de milho (RM);
- **Tratamento 2:** ração a base de sorgo (RS);
- **Tratamento 3:** RS+apo-éster (AE);
- **Tratamento 4:** RS+apo-éster+cantaxantina (CX);
- **Tratamento 5:** RS+apo-éster (AE)+cantaxantina (CX)+selênio orgânico (SO);

Foram formuladas cinco rações isoprotéicas, isoenergéticas e isocálcicas à base de milho ou sorgo e farelo de soja, com a inclusão dos pigmentantes sintéticos amarelo (etil-éster- β -apo-8-caroteno ou apo-éster) e vermelho (cantaxantina) e de selênio orgânico (selenometionina), em substituição a um inerte (Tabela 21).

Tabela 21 – Composição percentual e nutricional calculada para codornas japonesas em postura.

Ingredientes	Tratamentos				
	T1	T2	T3	T4	T5
Milho	57,894	--	--	--	--
Sorgo	--	57,894	57,894	57,894	57,894
Farelo de Soja	31,158	27,244	27,244	27,244	27,244
Calcário calcítico	6,505	6,551	6,551	6,551	6,551
Óleo	0,019	3,858	3,858	3,858	3,858
Fosfato bicálcico	1,338	1,345	1,345	1,345	1,345
Suplemento vitamínico e mineral ¹	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Sal comum	0,333	0,335	0,335	0,335	0,335
L.Lisina HCl 99%	0,125	0,293	0,293	0,293	0,293
DL-Metionina 99%	0,097	0,170	0,170	0,170	0,170
L-Treonina 98,5%	0,000	0,076	0,076	0,076	0,076
Apo-éster 10% (amarelo) ²	0,000	0,000	0,004	0,004	0,004
Cantaxantina 10% (vermelho) ³	0,000	0,000	0,000	0,003	0,003
Selênio orgânico ⁴	0,000	0,000	0,000	0,000	0,02
Inerte ⁵	2,021	1,724	1,720	1,717	1,697
Antioxidante ⁶	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Composição nutricional calculada (%)					
Energia metabolizável aparente, kcal/kg	2900	2900	2900	2900	2900
Proteína bruta, %	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Cálcio, %	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Fósforo disponível, %	0,35	0,350	0,350	0,350	0,350
Lisina total, %	1,10	1,100	1,100	1,100	1,100
Metionina +Cistina total, %	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700
Metionina total, %	0,503	0,580	0,580	0,580	0,580
Treonina total, %	0,740	0,740	0,740	0,740	0,740
Triptofano total, %	0,234	0,221	0,221	0,221	0,221
Sódio, %	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150

¹Puramix Codorna (Quantidade por kg): Metionina – 218000 mg; Cianocobalamina – 10000 mcg; Ácido fólico – 400 mg; Pantotenato de cálcio – 3000 mg; Biotina – 10 mg; Colina – 126.000 mg; Niacina – 7000 mg; Piridoxina – 800 mg; Tiamina – 800 mg; Riboflavina – 1200 mg; Menadiona – 500 mg; Vit.A – 2000000 UI; Vit.D3 – 50000 UI; Vit.E – 10000 UI; Cobre – 2000 mg; Ferro – 16000 mg; Iodo – 200 mg; Manganês – 18000 mg; Zinco – 14000 mg; Selênio – 10000 mcg.

²Carophyll yellow; ³Carophyll red; ⁴Selplex; ⁵Areia lavada; ⁶Butil-hidroxitolueno (BHT).

Utilizaram as exigências nutricionais para codornas japonesas em postura descritas pelo National Research Council (NUTRIENT...,1994), exceto para proteína bruta e cálcio, que foram baseadas nas recomendações de OLIVEIRA et al. (1999) e BARRETO et al. (2007), respectivamente.

O sorgo utilizado foi a cultivar IPA 7301011, fornecida pela Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária – IPA. Para cálculo das formulações, foi utilizado o *software* Super Crac 5.0.

Para o cálculo das rações foram utilizados os valores de energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn), em quilocaloria por quilograma de matéria natural do milho (3.572), sorgo (3.108), farelo de soja (2.633) e óleo de soja refinado (9.335), determinados previamente em ensaio de metabolismo, utilizando-se codornas japonesas fêmeas com idade entre 60 e 67 dias.

Os valores de proteína bruta do milho (8,38 %), sorgo (10,99 %) e farelo de soja (45,00 %) foram determinados previamente, segundo SILVA e QUEIROZ (2002), no Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Para os demais nutrientes, foram utilizados os dados de composições dos ingredientes descritos por ROSTAGNO et al. (2005).

Após 21 dias o início do fornecimento das rações experimentais (à vontade) foram coletados, por dois dias consecutivos, 60 ovos de cada tratamento para análise sensorial. Os ovos coletados, no período da tarde, foram identificados e armazenados à temperatura ambiente. No dia da realização da análise sensorial, os ovos foram cozidos, durante dez minutos, contabilizado a partir do início da ebulição da água, e em seguida resfriados utilizando água corrente, descascados manualmente e cortados longitudinalmente ao meio, contendo cada parte clara e gema, conforme descrito por MORAES (1985).

De forma aleatória foram selecionados cinco ovos de cada tratamento para efetuar a avaliação da cor da gema pós-cocção, utilizando o abanico colorimétrico DSM, que apresenta uma escala numérica (1 a 15) de acordo com a intensidade da cor entre o amarelo (claro – intenso) e alaranjado. Esse procedimento foi realizado com o objetivo de confirmar se havia diferenças visuais (perceptíveis) na coloração das gemas dos diferentes tratamentos após o processo de cocção.

Os demais ovos foram avaliados quanto ao sabor e cor da gema por um painel de degustadores, composto de 30 painelistas não-treinados, recrutados entre

os docentes e discentes da UFRPE, da faixa etária de 20 a 45 anos, sendo 15 do sexo masculino e 15 do sexo feminino, utilizando o Teste de Comparação Pareada - Grau de Diferença, segundo metodologia descrita por ANZALDÚA-MORALES (1994).

Cada painelista, em cabines individuais e climatizadas, recebeu, em pratos plásticos brancos, amostras de todos os tratamentos, codificadas com algarismos aleatórios de três dígitos, conforme Figura 21.

A análise sensorial foi realizada em duas sessões. Na primeira, as amostras foram avaliadas quanto ao sabor em cabines sob iluminação vermelha, com o propósito de mascarar a cor do produto, e a segunda sob luz branca para avaliar o atributo cor da gema. Foi recomendado aos painelistas a ingestão de água mineral sem gás, em temperatura ambiente, no intervalo entre a degustação das amostras.

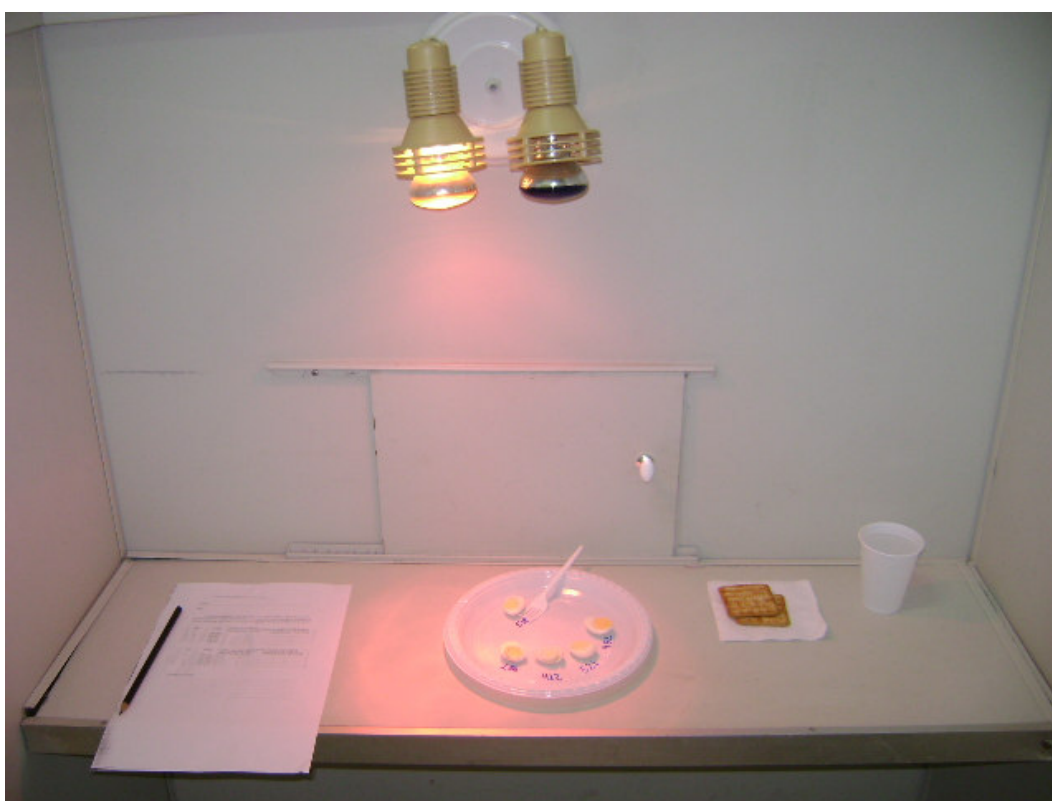


Figura 21 – Cabine de análise sensorial com amostras e ficha de avaliação.

Os painelistas utilizaram fichas de avaliação (Tabela 22) para indicar a diferença entre a amostra padrão (ovos do Tratamento 1) e as amostras dos demais tratamentos, bem como o grau desta diferença. Os dados obtidos foram analisados

utilizando a tabela de número mínimo de respostas coincidentes, em nível de 5% de probabilidade (ANZALDÚA-MORALES, 1994). Para o grau de diferença apontado pelos painelistas foi atribuída uma nota, segundo a seguinte escala: 0 – *nenhuma diferença*; 1 – *diferença leve*; 3 – *diferença moderada* e 5 – *diferença intensa*, e os resultados expressos em médias.

Tabela 22 – Modelo de ficha utilizado para análise sensorial de ovos de codornas.

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias – CCTA Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal					
Análise sensorial de alimentos de origem animal					
TESTE PAREADO (Grau de diferença)					
NOME: _____					
Data: _____					
Você está recebendo 5 amostras de ovos cozidos. Sendo a de número 518 a amostra padrão . Compare cada uma das amostras com a amostra padrão e indique se existem diferenças entre elas e o grau dessa diferença. No que se refere a cor e sabor.					
Par	Código	GRAU DE DIFERENÇA DE SABOR ENTRE PARES			
		NENHUMA	LÉVE	MODERADA	GRANDE
1	518-286				
2	518-412				
3	518-521				
4	518-452				
Par	Código	GRAU DE DIFERENÇA DE COR ENTRE PARES			
		NENHUMA	LEVE	MODERADA	GRANDE
1	518-286				
2	518-412				
3	518-521				
4	518-452				
COMENTARIOS:					

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos, referentes ao atributo sabor, demonstram que os painelistas detectaram diferença significativa ($p < 0,05$) para as amostras dos tratamentos T2 (ração a base de sorgo); T4: (RS+apo-éster+cantaxantina) e T5 (RS+apo-éster+cantaxantina+selênio orgânico), uma vez que 21 ou mais provadores detectaram diferença entre o sabor da amostra padrão (T1 – ração referência à base de milho) e dos tratamentos (Tabela 23).

Tabela 23 – Padrão de respostas dos painelistas de acordo com o sabor dos ovos em comparação com o padrão.

Tratamento	Diferença ²	Sem diferença ³
T1: ração referência à base de milho (RM)	-	-
T2: ração a base de sorgo (RS)	25	5
T3: RS + apo-éster	19	11
T4: RS + apo-éster + cantaxantina	21	9
T5:RS+apo-éster+cantaxantina+selênio orgânico	21	9

² Número de painelistas que detectaram diferença; ³ Número de painelistas que detectaram nenhuma diferença.

O grau de diferença detectado para o atributo sabor foi considerado leve, uma vez que as médias encontram-se no intervalo de 1,95 a 2,36 (Tabela 24). Evidencia-se que a ração a base de sorgo bem como aquelas adicionadas dos pigmentantes apo-éster + cantaxantina e apo-éster+cantaxantina+ selênio orgânico conferiram leve sabor ao ovo de codorna, não obstante a afirmativa do fabricante de serem os pigmentantes sintéticos e o selênio orgânico inodoros e insípidos.

Segundo JIANG et al. (1992), resultados divergentes relativos à análise sensorial dos ovos podem ser decorrentes de fatores como fonte de lipídios, método de preparo dos ovos e tempo de armazenamento. Devido à sua riqueza em lipídios, a gema do ovo é susceptível em fixar substâncias voláteis e adquirir sabores anômalos.

Tabela 24 – Média do Grau de Diferença do atributo sabor dos ovos de codornas japonesas alimentadas com rações contendo diferentes pigmentantes sintéticos.

Tratamento	Média do Grau de Diferença
T1: ração referência à base de milho (RM)	-
T2: ração a base de sorgo (RS)	2,36*
T3: RS + apo-éster	2,57
T4: RS + apo-éster + cantaxantina	1,95*
T5:RS+apo-éster+cantaxantina+selênio orgânico	2,33*

*Efeito significativo em nível de 0,05 de probabilidade quando comparado com o padrão.

Para o atributo cor da gema, os painelistas detectaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre a amostra padrão e a amostra de todos os tratamentos, uma vez que mais de 21 provadores assinalam haver diferença relacionada à cor (Tabela 25). A diferença de cor entre os tratamentos, também foi detectada por meio do abanico colorimétrico DSM.

Tabela 25 – Valores médios de cor de gema determinado pós-cocção¹ e padrão de respostas dos painelistas de acordo com a cor gemas em comparação com o padrão.

Tratamento	Cor da gema cozida ¹	Diferença ²	Sem diferença ³
T1: ração referência à base de milho (RM)	4,57	-	-
T2: ração a base de sorgo (RS)	1,38	30	0
T3: RS + apo-éster	5,36	21	9
T4: RS + apo-éster + cantaxantina	11,88	30	0
T5:RS+apo-éster+cantaxantina+ selênio orgânico	12,09	29	1

¹valores médios de cor de gemas cozidas medidas pelo abanico colorimétrico DSM.

²Número de painelistas que detectaram diferença; ³Número de painelistas que detectaram nenhuma diferença.

O grau de diferença para o atributo cor foi considerado de leve a intenso, uma vez que as médias dos valores encontram-se no intervalo de 1,66 a 4,20 (Tabela 26). Os tratamentos 2, 4 e 5 foram os que apresentaram maiores médias do grau de diferença para esta característica.

Tabela 26 – Média de Grau de Diferença da cor da gema dos ovos de codornas alimentadas com ração contendo diferentes pigmentantes.

Tratamento	Média do Grau de Diferença
T1: ração referência à base de milho (RM)	-
T2: ração a base de sorgo (RS)	4,20*
T3: RS + apo-éster	1,66*
T4: RS + apo-éster + cantaxantina	3,66*
T5:RS+apo-éster+cantaxantina+selênio orgânico	3,89*

*Efeito significativo em nível de 0,05 de probabilidade quando comparado com o padrão.

A diferença de cor foi mais intensa no T2, cujas aves foram alimentadas somente com o sorgo. Neste tratamento as gemas possuíam coloração mais clara do que a do padrão, enquanto que nos tratamentos relacionados aos pigmentantes sintéticos (T3; T4 e T5) a coloração da gema foi mais escura do que a do padrão. A introdução do pigmentante amarelo (T3) conferiu uma diferença leve na coloração da gema. A inclusão do selênio orgânico contribui para aumento na coloração, potencializando a deposição dos pigmentos amarelo e vermelho.

Não foram encontradas referências na literatura relatando os efeitos da utilização do sorgo com adição de pigmentantes e do selênio orgânico sobre as características sensoriais dos ovos.

CONCLUSÃO

Baseado nas avaliações de painelistas não-treinados foi possível concluir:

- 1- A utilização de pigmentantes sintéticos (etil-éster-apo-éster-8-caroteno e cantaxantina) e selênio orgânico, em rações a base de sorgo, alteram o sabor dos ovos de codornas japonesas;
- 2- A utilização de pigmentantes sintéticos (etil-éster- β - apo-8-caroteno e cantaxantina), em rações a base de sorgo, altera a cor da gema de ovos de codornas japonesas;
- 3- O selênio orgânico contribui para alteração do sabor ou cor quando associado a pigmentantes sintéticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANZALDÚA-MORALES, A. **La evaluacion sensorial de los alimentos em la teoria y la práctica**. Zaragoza. Acribia, 1944, 198p.
- BARRETO, S.L.T.; PEREIRA, C.A.; UMIGI, R.T.; et al. Determinação da exigência nutricional de cálcio de codornas japonesas na fase inicial do ciclo de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.68-78, 2007.
- GARCIA, E.A *et al.* Efeito dos níveis de cantaxantina na dieta sobre o desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 4, n. 1, p. 1-7, 2002.
- GONÇALVES, F.M.; RECH, J.L.; RUTZ, F.; ET AL. Influência da fonte de selênio na coloração da gema do ovo. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPel, 14., 2006, Pelotas. **Anais eletrônicos...** Pelotas: UFPel, 2006. Disponível em: <[http:// www.ufpel.edu.br/cic/2006/arquivos/indice_CA.html](http://www.ufpel.edu.br/cic/2006/arquivos/indice_CA.html)>. Acesso em: 01/03/2008.
- HARDER, M.N.C. Efeito do urucum (*Bixa orellana*) na alteração de características de ovos de galinhas poedeiras. **Dissertação** (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP. 2005, 74 p.
- JIANG, Z.; AHN, D. U.; LADNER, L.; SIM, J. S. Influence of feeding full-fat flax and sunflower seeds on internal and sensory qualities of eggs. **Poultry Science**, v.71, p.378-782, 1992.

- MORAES, M. A. C. **Métodos para Avaliação Sensorial dos Alimentos**. 5. ed. Campinas: Ed. Experimental, 85p, 1985.
- NUTRIENT requirements of poultry. 9.ed. Washington: **National Research Council**, p.44-45. 1994.
- OLIVEIRA, A.M.; FURLAN, A.C.; MURAKAMI, A.E. et al. Exigência nutricional de lisina para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.1050-1053, 1999.
- OLIVEIRA, N.T.E., FONSECA, J.B., SOARES, R.T.R.N., LOMBARDI, C.T., MERCADANTE, M.B. Determinação da energia metabolizável de diferentes alimentos testados em codornas japonesas fêmeas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.1, p.210-217. 2007.
- PEREIRA, C.A.; BARRETO, S.L.T.; ROSTAGNO, H.S. et al. Desempenho de codornas japonesas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de cálcio durante o pico de postura. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia [2004]. (CD-ROM).
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suíno: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa: UFV, DZO, 2005. 186 p.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.
- 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 n.5, p.1435-1439, 2000.

5. CONCLUSÕES GERAIS

De acordo com os resultados obtidos nos experimentos descritos anteriormente, conclui-se:

1 - Os valores de energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio do milho, sorgo, farelo de soja, farelo de glúten de milho e óleo de soja refinado para codornas japonesas são diferentes dos utilizados para outras espécies de aves, não sendo recomendado o uso de dados tabelados para outras espécies;

2 - O sorgo granífero pode substituir integralmente (100%) o milho nas formulações de rações para codornas japonesas, em postura, sem prejudicar os parâmetros de desempenho e qualidade do ovo das aves, desde que realizadas as devidas correções nutricionais das formulações;

3 – O selênio orgânico melhora a cor da gema quando suplementado em rações a base de milho;

4 – O uso dos pigmentantes sintéticos apo-éster e cantaxantina melhoram a cor da gema quando adicionadas em rações a base de sorgo;

5 – A suplementação das rações com pigmentantes sintéticos e selênio orgânico eleva consideravelmente os custos das formulações, sendo economicamente inviável sua utilização em rações para codornas japonesas;

6 - A utilização de pigmentantes sintéticos (etil-éster-apo-éster-8-caroteno e cantaxantina) e selênio orgânico alteram o sabor dos ovos de codornas japonesas quando suplementados em rações a base de sorgo; e melhoram o aspecto da coloração da gema de ovos cozidos.

APÊNDICE A

Quadro 1A.- Resumo das análises de variância da cor de gema de ovos de codornas japonesas referente aos parâmetros a^* , b^* , e escore colorimétrico (EC) medido pelo leque DSM.

Fonte de variação	GL	a^*	b^*	EC
Tratamento (T)	7	843,75*	2717,66*	211,7598*
Erro (A)	32	1,3157	5,5966	0,2744
Período (P)	3	7,6251*	131,0499*	3,9785*
Interação P x T	21	1,1946 ^{NS}	5,4465 ^{NS}	9,8565*
Resíduo	96	0,9999	4,0800	0,1755
C.V. (%)		46,95	4,22	6,83

* Significativo pelo teste F em 5% de probabilidade; ^{NS} - Não Significativo.

Quadro 2A – Resumo da análise de variância do parâmetro EC (escore colorimétrico) com desdobramento dos graus de liberdade (GL) e da soma de quadrados (SQ) de tratamento por contrastes ortogonais, no 7º dia após o uso das rações experimentais.

Fonte de variação	GL	SQ	QM
C ₁ /P ₁	1	0,469	0,469 ^{NS}
C ₂ /P ₁	1	0,225	0,225 ^{NS}
C ₃ /P ₁	1	3,384	3,384*
C ₄ /P ₁	1	11,025	11,025*
C ₅ /P ₁	1	27,00	27,00*
C ₆ /P ₁	1	0,752	0,752*
C ₇ /P ₁	1	13,81	13,81*
TRATAMENTO	7	56,665	8,0950*
RESÍDUO	191		0,1437

*Significativo pelo teste F em 5% de probabilidade; ^{NS} - Não-significativo ($P > 0,05$); P₁ - período de 0 a 7 dias após o uso da ração experimental. $F_{\text{tab}_{\text{resíduo}}} = 3,8906$.

Quadro 3A – Resumo da análise de variância do parâmetro EC (escore colorimétrico) com desdobramento dos graus de liberdade (GL) e da soma de quadrados (SQ) de tratamento por contrastes ortogonais, no 14º dia após o uso das rações experimentais.

Fonte de variação	GL	SQ	QM
C ₁ /P ₂	1	2,852	2,852*
C ₂ /P ₂	1	0,625	0,625*
C ₃ /P ₂	1	125,43	125,43*
C ₄ /P ₂	1	49,506	49,506*
C ₅ /P ₂	1	295,93	295,93*
C ₆ /P ₂	1	27,55	27,55*
C ₇ /P ₂	1	88,51	88,51*
TRATAMENTO	7	590,403	84,343*
RESÍDUO	191		0,1437

*Significativo pelo teste F em 5% de probabilidade; ^{NS} - Não-significativo ($P > 0,05$); P₂ - período de 7 a 14 dias após o uso da ração experimental. $F_{\text{tab}_{\text{resíduo}}} = 3,8906$.

Quadro 4A – Resumo da análise de variância do parâmetro *EC* (escore colorimétrico) com desdobramento dos graus de liberdade (GL) e da soma de quadrados (SQ) de tratamento por contrastes ortogonais, no 21º dia após o uso das rações experimentais.

Fonte de variação	GL	SQ	QM
C ₁ /P ₃	1	2,002	2,002*
C ₂ /P ₃	1	2,256	2,256*
C ₃ /P ₃	1	106,67	106,67*
C ₄ /P ₃	1	39,01	39,01*
C ₅ /P ₃	1	238,00	238,00*
C ₆ /P ₃	1	26,60	26,60*
C ₇ /P ₃	1	82,66	82,66*
TRATAMENTO	7	497,198	71,028*
RESÍDUO	191		0,1437

*Significativo pelo teste F em 5% de probabilidade; ^{NS} - Não-significativo (P>0,05); P₃ - período de 14 a 21 dias após o uso da ração experimental. $F_{\text{tab}_{\text{resíduo}}} = 3,8906$.

Quadro 5A – Resumo da análise de variância do parâmetro *EC* (escore colorimétrico) com desdobramento dos graus de liberdade (GL) e da soma de quadrados (SQ) de tratamento por contrastes ortogonais, no 28º dia após o uso das rações experimentais.

Fonte de variação	GL	SQ	QM
C ₁ /P ₄	1	5,002	5,002*
C ₂ /P ₄	1	1,056	1,056*
C ₃ /P ₄	1	114,82	114,82*
C ₄ /P ₄	1	33,31	33,31*
C ₅ /P ₄	1	246,04	246,04*
C ₆ /P ₄	1	33,08	33,08*
C ₇ /P ₄	1	112,23	112,23*
TRATAMENTO	7	545,538	77,934*
RESÍDUO	191		0,1437

*Significativo pelo teste F em 5% de probabilidade; ^{NS} - Não-significativo (P>0,05); P₄ - período de 21 a 28 dias após o uso da ração experimental. $F_{\text{tab}_{\text{resíduo}}} = 3,8906$.

APENDICE B

Quadro 1B – Análise de variância da variável produção de ovos com desdobramento dos graus de liberdade (GL) e da soma de quadrados (SQ) de tratamento.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
C ₁	1	2,0196	2,0196	0,20 ^{NS}
C ₂	1	18,9429	18,9429	1,92 ^{NS}
C ₃	1	2,6818	2,6818	0,27 ^{NS}
C ₄	1	5,1020	5,1020	0,52 ^{NS}
C ₅	1	8,1130	8,1130	0,82 ^{NS}
C ₆	1	48,2430	48,2430	4,88*
C ₇	1	1,5905	1,5905	0,16 ^{NS}
TRATAMENTO	7	86,6928	12,3847	1,25 ^{NS}
RESÍDUO	32	316,4994	9,8906	

*Significativo pelo teste F em 5% de probabilidade; ^{NS} - Não-significativo (P>0,05).

Quadro 2B – Análise de variância da variável peso médio do ovo com desdobramento dos graus de liberdade (GL) e da soma de quadrados (SQ) de tratamento.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
C ₁	1	0,6964	0,6964	4,71*
C ₂	1	0,5241	0,5241	3,55 ^{NS}
C ₃	1	0,0628	0,0628	0,43 ^{NS}
C ₄	1	0,7654	0,7654	5,18*
C ₅	1	0,4999	0,4999	3,38 ^{NS}
C ₆	1	0,5872	0,5872	3,98 ^{NS}
C ₇	1	0,0064	0,0064	0,79 ^{NS}
TRATAMENTO	7	3,1422	0,4489	3,04*
RESÍDUO	32	4,7256	0,1477	

*Significativo pelo teste F em 5% de probabilidade; ^{NS} - Não-significativo (P>0,05).

Quadro 3B – Análise de variância da variável massa de ovos com desdobramento dos graus de liberdade (GL) e da soma de quadrados (SQ) de tratamento.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
C ₁	1	0,5748	0,5748	5,83*
C ₂	1	0,0264	0,0264	0,27 ^{NS}
C ₃	1	0,0020	0,0020	0,02 ^{NS}
C ₄	1	0,2210	0,2210	2,24 ^{NS}
C ₅	1	0,0665	0,0665	0,67 ^{NS}
C ₆	1	0,0028	0,0028	0,03 ^{NS}
C ₇	1	0,0283	0,0283	0,29 ^{NS}
TRATAMENTO	7	0,9217	0,1317	1,34 ^{NS}
RESÍDUO	32	3,1567	0,0986	

*Significativo pelo teste F em 5% de probabilidade; ^{NS} - Não-significativo (P>0,05).

Quadro 4B – Análise de variância da variável consumo médio de ração com desdobramento dos graus de liberdade (GL) e da soma de quadrados (SQ) de tratamento.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
C ₁	1	11,4017	11,4017	6,90*
C ₂	1	9,8180	9,8180	5,95*
C ₃	1	0,0439	0,0439	0,03 ^{NS}
C ₄	1	0,2583	0,2583	0,16 ^{NS}
C ₅	1	0,2087	0,2087	0,13 ^{NS}
C ₆	1	1,7640	1,7640	1,07 ^{NS}
C ₇	1	0,4470	0,4470	0,27 ^{NS}
TRATAMENTO	7	23,9416	3,4202	2,07 ^{NS}
RESÍDUO	32	52,8455	1,6514	

*Significativo pelo teste F em 5% de probabilidade; ^{NS} - Não-significativo (P>0,05).

Quadro 5B – Análise de variância da variável conversão alimentar por massa de ovo com desdobramento dos graus de liberdade (GL) e da soma de quadrados (SQ) de tratamento.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
C ₁	1	0,0097	0,0097	0,147 ^{NS}
C ₂	1	0,3387	0,3387	6,187*
C ₃	1	0,0014	0,0014	0,033 ^{NS}
C ₄	1	0,2249	0,2249	4,118*
C ₅	1	0,1373	0,1373	2,356 ^{NS}
C ₆	1	0,0238	0,0238	0,376 ^{NS}
C ₇	1	0,1941	0,1941	4,803 ^{NS}
TRATAMENTO	7	0,9299	0,1328	0,0269*
RESÍDUO	32	1,5904	0,0497	

*Significativo pelo teste F em 5% de probabilidade; ^{NS} - Não-significativo (P>0,05).

Quadro 6B – Análise de variância da variável conversão alimentar por dúzia de ovos com desdobramento dos graus de liberdade (GL) e da soma de quadrados (SQ) de tratamento.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
C ₁	1	1387,98	1387,98	1,063 ^{NS}
C ₂	1	1422,09	1422,09	2,302 ^{NS}
C ₃	1	229,5304	229,5304	0,578 ^{NS}
C ₄	1	992,4039	992,4039	1,182 ^{NS}
C ₅	1	2688,192	2688,192	1,407 ^{NS}
C ₆	1	2015,379	2015,379	1,874 ^{NS}
C ₇	1	89,6041	89,6041	0,030 ^{NS}
TRATAMENTO	7	8825,179	1260,74	**** ^{NS}
RESÍDUO	32	42187,56	1318,361	

*Significativo pelo teste F em 5% de probabilidade; ^{NS} - Não-significativo (P>0,05).

Quadro 7B – Análise de variância da variável peso médio da gema com desdobramento dos graus de liberdade (GL) e da soma de quadrados (SQ) de tratamento.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
C ₁	1	0,1337	0,1337	3,653*
C ₂	1	0,0291	0,0291	0,599 ^{NS}
C ₃	1	0,2698	0,2698	7,287*
C ₄	1	0,1749	0,1749	10,488*
C ₅	1	0,0012	0,0012	0,045 ^{NS}
C ₆	1	0,0330	0,0330	0,700 ^{NS}
C ₇	1	0,0255	0,0255	4,102 ^{NS}
TRATAMENTO	7	0,6672	0,0953	0,0061*
RESÍDUO	32	0,8569	0,0268	

*Significativo pelo teste F em 5% de probabilidade; ^{NS} - Não-significativo (P>0,05).

Quadro 8B – Análise de variância da variável peso médio do albume com desdobramento dos graus de liberdade (GL) e da soma de quadrados (SQ) de tratamento.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
C ₁	1	0,1265	0,1265	1,194 ^{NS}
C ₂	1	0,0007	0,0007	0,008 ^{NS}
C ₃	1	0,0148	0,0148	0,190 ^{NS}
C ₄	1	0,0967	0,0967	1,057 ^{NS}
C ₅	1	0,1438	0,1438	1,072 ^{NS}
C ₆	1	0,1061	0,1061	0,850 ^{NS}
C ₇	1	0,0395	0,0395	0,249 ^{NS}
TRATAMENTO	7	0,5281	5,5406	**** ^{NS}
RESÍDUO	32	3,6254	0,1133	

*Significativo pelo teste F em 5% de probabilidade; ^{NS} - Não-significativo (P>0,05).

Quadro 9B – Análise de variância da variável peso médio da casca com desdobramento dos graus de liberdade (GL) e da soma de quadrados (SQ) de tratamento.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
C ₁	1	0,0113	0,0113	4,813*
C ₂	1	0,0078	0,0078	3,251 ^{NS}
C ₃	1	0,0000	0,0000	0,005 ^{NS}
C ₄	1	0,0023	0,0023	1,273 ^{NS}
C ₅	1	0,0004	0,0004	0,140 ^{NS}
C ₆	1	0,0047	0,0047	1,869 ^{NS}
C ₇	1	0,0011	0,0011	0,289 ^{NS}
TRATAMENTO	7	0,0276	0,0039	0,2024 ^{NS}
RESÍDUO	32	0,0897	0,0028	

*Significativo pelo teste F em 5% de probabilidade; ^{NS} - Não-significativo (P>0,05).

Quadro 10B – Análise de variância da variável espessura da casca com desdobramento dos graus de liberdade (GL) e da soma de quadrados (SQ) de tratamento.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
C ₁	1	0,0016	0,0016	12,068*
C ₂	1	0,0007	0,0007	5,062*
C ₃	1	0,0002	0,0002	1,422 ^{NS}
C ₄	1	0,0000	0,0000	0,398 ^{NS}
C ₅	1	0,0000	0,0000	0,051 ^{NS}
C ₆	1	0,0001	0,0001	1,443 ^{NS}
C ₇	1	0,0000	0,0000	1,434 ^{NS}
TRATAMENTO	7	0,0026	0,0037	0,0082*
RESÍDUO	32	0,0038	0,0001	

*Significativo pelo teste F em 5% de probabilidade; ^{NS} - Não-significativo (P>0,05).

Quadro 11B – Análise de variância da variável peso específico da casca com desdobramento dos graus de liberdade (GL) e da soma de quadrados (SQ) de tratamento.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
C ₁	1	6,40	6,40	0,286 ^{NS}
C ₂	1	13,8889	13,8889	1,867 ^{NS}
C ₃	1	6,9444	6,9444	0,926 ^{NS}
C ₄	1	46,9444	46,9444	18,778 ^{NS}
C ₅	1	25,6889	25,6889	0,683 ^{NS}
C ₆	1	8,7111	8,7111	0,119 ^{NS}
C ₇	1	40,000	40,000	7,385*
TRATAMENTO	7	148,5777	21,2254	**** ^{NS}
RESÍDUO	32	708,1333	22,1290	

*Significativo pelo teste F em 5% de probabilidade; ^{NS} - Não-significativo (P>0,05).

Quadro 12B – Análise de variância da variável porcentagem de gema com desdobramento dos graus de liberdade (GL) e da soma de quadrados (SQ) de tratamento.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
C ₁	1	1,2693	1,2693	0,236 ^{NS}
C ₂	1	0,5203	0,5203	0,388 ^{NS}
C ₃	1	7,2541	7,2541	5,605*
C ₄	1	3,0020	3,0020	6,758*
C ₅	1	1,5669	1,5669	0,896 ^{NS}
C ₆	1	0,0104	0,0104	0,005 ^{NS}
C ₇	1	0,2761	0,2761	0,154 ^{NS}
TRATAMENTO	7	13,8991	1,9856	0,2360 ^{NS}
RESÍDUO	32	45,096	1,4093	

*Significativo pelo teste F em 5% de probabilidade; ^{NS} - Não-significativo (P>0,05).

Quadro 13B – Análise de variância da variável porcentagem de albume com desdobramento dos graus de liberdade (GL) e da soma de quadrados (SQ) de tratamento.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
C ₁	1	2,1947	2,1947	1,501 ^{NS}
C ₂	1	1,5875	1,5875	1,379 ^{NS}
C ₃	1	4,8737	4,8737	4,343 ^{NS}
C ₄	1	0,7698	0,7698	1,009 ^{NS}
C ₅	1	2,6884	2,6884	1,584 ^{NS}
C ₆	1	0,0742	0,0742	0,031 ^{NS}
C ₇	1	0,0000	0,0000	0,000 ^{NS}
TRATAMENTO	7	12,1883	1,7412	0,0633 ^{NS}
RESÍDUO	32	45,5602	1,4238	

*Significativo pelo teste F em 5% de probabilidade; ^{NS} - Não-significativo (P>0,05).

Quadro 14B – Análise de variância da variável porcentagem de casca com desdobramento dos graus de liberdade (GL) e da soma de quadrados (SQ) de tratamento.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
C ₁	1	0,1259	0,1259	0,859 ^{NS}
C ₂	1	0,2902	0,2902	1,577 ^{NS}
C ₃	1	0,2359	0,2359	1,427 ^{NS}
C ₄	1	0,7316	0,7316	5,724*
C ₅	1	0,1504	0,1504	1,490 ^{NS}
C ₆	1	0,0291	0,0291	0,219 ^{NS}
C ₇	1	0,2744	0,2744	4,873 ^{NS}
TRATAMENTO	7	1,8375	0,2625	0,0633 ^{NS}
RESÍDUO	32	3,8592	0,1206	

*Significativo pelo teste F em 5% de probabilidade; ^{NS} - Não-significativo (P>0,05).

Quadro 15B – Resumo da análise de variância com desdobramento dos graus de liberdade (GL) e da soma de quadrados (SQ) de período por polinômios ortogonais, e equações de regressão do parâmetro EC (escore colorimétrico) em função de período (P), avaliadas em cada tratamento (T).

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Equação	R ²
P/T1	3	0,5343	0,1781 ^{NS}	-	-
Linear	1		0,4556 ^{NS}	-	-
Quadrático	1		0,2813 ^{NS}	-	-
Desvio da Regressão	1		0,5063 ^{NS}	-	-
P/T2	3	2,2594	0,7531*	-	-
Linear	1		0,9506*	-	-
Quadrático	1		1,1281*	Y= 4,31+0,198X-0,005 X ²	0,33
Desvio da Regressão	1		0,7140*	-	-
P/T3	3	24,434	8,1448*	-	-
Linear	1		9,4556*	-	-
Quadrático	1		10,8781*	Y= 7,51-0,562X+0,015 X ²	0,76
Desvio da Regressão	1		4,1006*	-	-
P/T4	3	21,3625	7,1208*	-	-
Linear	1		7,8400*	-	-
Quadrático	1		9,1125*	Y= 6,95-0,652X+0,014 X ²	0,75
Desvio da Regressão	1		4,4100*	-	-
P/T5	3	1,3625	0,4542 ^{NS}	-	-
Linear	1		1,0000*	Y= 6,33-0,029X	0,11
Quadrático	1		0,1125 ^{NS}	-	-
Desvio da Regressão	1		0,4703 ^{NS}	-	-
P/T6	3	93,384	31,128*	-	-
Linear	1		56,626*	-	-
Quadrático	1		28,203*	Y= 0,94+1,06X-0,024 X ²	0,89
Desvio da Regressão	1		8,5556*	-	-
P/T7	3	73,125	24,375*	-	-
Linear	1		45,563*	-	-
Quadrático	1		20,000*	Y= 2,53+0,907X-0,020 X ²	0,86
Desvio da Regressão	1		7,5625*	-	-
P/T8	3	2,4594	0,8198*	-	-
Linear	1		0,1056 ^{NS}	-	-
Quadrático	1		2,2781*	Y= 3,86+0,250X-0,007 X ²	0,41
Desvio da Regressão	1		0,0756 ^{NS}	-	-
RESÍDUO	96		0,1755		

*Significativo pelo teste F em 5% de probabilidade; ^{NS} - Não-significativo (P>0,05); P – período em dias (7, 14, 21 e 28); T1: RR (ração referência a base de milho); T2: RR + selênio orgânico; T3: RS (ração a base de sorgo); T4: RS + selênio orgânico); T5 (RS + apo-éster 10%); T6 (RS + apo-éster 10% + cantaxantina 10%); T7 (RS + apo-éster 10% + cantaxantina 10% + selênio orgânico); T8 (RS + apo-éster 10% + selênio orgânico). F_{tabelado} = 3,9402

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)