



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

THALIS JOSÉ DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DO COPRODUTO DA CASTANHA-DO-PARÁ COMO FONTE
NATURAL E ORGÂNICA DE METIONINA EM DIETAS PARA CODORNAS
JAPONESAS NA FASE DE POSTURA**

AREIA
2020

THALIS JOSÉ DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DO COPRODUTO DA CASTANHA-DO-PARÁ COMO FONTE
NATURAL E ORGÂNICA DE METIONINA EM DIETAS PARA CODORNAS
JAPONESAS NA FASE DE POSTURA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Comitê de orientação:

Orientador - Prof. Dr. José Humberto Vilar da Silva

Coorientador - Prof. Dr. Leonardo Augusto Fonseca Pascoal

Coorientador - Prof. Dr. Edilson Paes Saraiva

**AREIA
2020**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

O48a Oliveira, Thalís José de.

Avaliação do coproduto da castanha-do-Pará como fonte natural e orgânica de metionina em dietas para codornas japonesas na fase de postura / Thalís José de Oliveira.

- Areia:s.n, 2020.

41 f. : il.

Orientação: José Humberto Vilar da Silva.

Coorientação: Leonardo Augusto Fonseca Pascoal, Edilson Paes Saraiva.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA - AREIA.

1. Coturnicultura. 2. Fonte de metionina. 3. Ovo orgânico. I. Silva, José Humberto Vilar da Silva. II. Pascoal, Leonardo Augusto Fonseca. III. Saraiva, Edilson Paes. IV. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 636(043.3)



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

TÍTULO: "AVALIAÇÃO DO COPRODUTO DA CASTANHA-DO-PARÁ COMO FONTE NATURAL E ORGÂNICA DE METIONINA EM DIETAS PARA CODORNAS JAPONESAS NA FASE DE POSTURA"

AUTOR: Thalís José de Oliveira

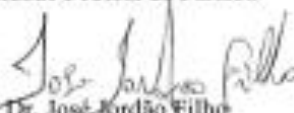
ORIENTADOR: José Humberto Vilar da Silva

JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES:


Prof. Dr. José Humberto Vilar da Silva
Presidente
Universidade Federal da Paraíba


Prof. Dr. José Jordão Filho
Examinador
Universidade Federal da Paraíba


Dr. Jorge Cunha Lima Muniz
Examinador
Universidade Federal de Viçosa

Areia, 02 de março de 2020.

Dedico este trabalho

***A Deus, meus pais e a minha
namorada.***

AGRADECIMENTOS

A Deus pelas oportunidades, coragem e esperança nos momentos mais complicados da minha vida.

Aos meus pais, Maria de Fatima da Conceição e Evaldo de Oliveira por me ensinarem a agir com dignidade, honestidade e respeito.

À minha namorada, Hemilly Marques da Silva por estar sempre me apoiando e mostrando o caminho certo da vida, muito obrigado!

A meu orientador, Prof. Dr. José Humberto Vilar da Silva pela paciência, confiança e todo apoio prestado.

Aos professores, Dr. Leonardo Augusto Fonseca Pascoal e Dr. Edilson Paes Saraiva, pelas sugestões, aprendizados transmitidos e disposição em participar da banca de qualificação.

Ao professor, Dr. José Jordão Filho e ao Dr. Jorge Cunha Lima Muniz por aceitar participar da minha banca de defesa e pelas sugestões.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo recurso financeiro de bolsa durante todo o mestrado.

Ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia (PPGZ) pela contribuição na minha formação profissional.

À Universidade Federal da Paraíba, pela oportunidade e acolhimento.

À toda a equipe Nepaves, que colaboraram de alguma maneira para execução do experimento, em nome de: Romilton, Aliton, Tamires, Larissa, Rayane, Andrew e outros que fazem parte do CCHSA.

Aos Técnicos do Laboratório de Nutrição Animal e Análises Avançadas de Alimentos (LANA) do Campus III da UFPB, Reutemann Alves Almeida e Sandra Elizabeth Santiago Beltrão Santa Cruz por terem dedicado seu tempo sempre que precisei para realização das análises.

Aos funcionários terceirizados do Laboratório de Avicultura do Campus III da UFPB pela disponibilidade e auxílio na montagem e desmontagem dos experimentos.

E a todos que torceram e me apoiaram nesta trajetória, meus sinceros agradecimentos.

Muito obrigado!

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Teor de metionina de vários ingredientes ¹	14
Tabela 2 - Composição alimentar e química da dieta referência utilizada no experimento ¹	19
Tabela 3 - Composições percentuais e calculadas dos tratamentos para codornas no período de postura com base na matéria natural	22
Tabela 4 - Valores médios da proteína bruta (PB), energia bruta (EB), energia metabolizável aparente (EMA), e corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) e coeficiente de metabolização da energia bruta (CMEB) dos alimentos testados	25
Tabela 5 - Desempenho de codornas japonesas alimentadas com dieta orgânica em comparação a dieta convencional ¹	28
Tabela 6 - Qualidade de ovos de codornas japonesas alimentadas com dietas orgânicas em comparação a dietas convencionais ¹	30

RESUMO

Objetivou-se, desenvolver um modelo de dieta orgânica com fonte natural de metionina, com isso, agregar valor aos ovos de codornas japonesas, para isso, foram realizados dois ensaios. Primeiro ensaio: avaliou-se a composição química e valores de energia metabolizável aparente (EMA) e EMA corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) do milho convencional (MCONV), milho orgânico (MORG), farelo de soja convencional (FSCONV), farelo de soja orgânico (FSORG) e o coproduto da castanha-do-pará orgânica (CCPO). O CCPO foi avaliado como fonte energética, proteica e substituto na retirada das fontes sintéticas de metionina da dieta orgânica de codornas em postura. Os valores energéticos foram estimados em ensaio de metabolismo realizado em delineamento inteiramente casualizado com 180 codornas japonesas, com 105 dias de idade, selecionadas pelo peso corporal e taxa de postura. Utilizou-se o método tradicional de coleta total de excretas, com seis tratamentos, sendo cinco experimentais e uma dieta referência, cada tratamento com cinco repetições de seis aves. Cada dieta experimental foi constituída, na base da matéria natural, por 60% da dieta-referência e 40% do ingrediente a ser testado. O CCPO apresentou maior teor de proteína bruta (34,40%) que os dois tipos de milho convencional e orgânico e menor que os dois tipos de farelo de soja, e o conteúdo de extrato etéreo (29,37%) superior aos dois tipos de milho e de farelo de soja. As EMA e EMAn da CCPO de, respectivamente, 3.815 e 3.790 kcal/kg foram superiores ao do MCONV de 3.353 e 3.295 kcal/kg, do MORG de 3.247 e 3.174 kcal/kg; do FSCONV de 2.782 e 2.426 kcal/kg e do FSORG de 2.937 e 2.519 kcal/kg. Entretanto, melhores coeficientes de metabolização da energia bruta foram observados para os MCONV (93,68%) e MORG (89,13%), comparados ao CCPO (75,97%) e FSCONV (65,13%) e FSORG (61,51%). Segundo ensaio: avaliou-se as respostas produtivas de 180 codornas distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, composto por cinco tratamentos, sendo três dietas convencionais a base de milho e farelo de soja convencional e suplementada com DL – Met; L – Met e MHA Ca e duas dietas orgânicas a base de milho e farelo de soja orgânico, sendo uma sem a fonte de metionina e a outra suplementada com coproduto da castanha-do-pará orgânica, cada tratamento com seis repetições de seis aves. Os grupos de codornas que receberam dietas contendo M+FS CONV + metionina sintética (DL-Met, L-Met e MHA-Ca) consumiram mais ração ($p \leq 0,05$) comparados aos grupos alimentados com as dietas orgânicas (M+FS e M+FS CCPO). Os melhores resultados de produção de ovos, peso dos ovos e massa de ovos foram observados nos grupos de codornas alimentados com M+FS CONV + DL-Met e com CPORG que não diferiram entre si ($p > 0,05$). Os melhores resultados de conversões alimentares por dúzia e por massa de ovos foram observados para as codornas recebendo a mistura orgânica contendo a CCPO como fonte de aminoácidos. Os componentes pesos de gema e de casca foram menores no tratamento de dieta orgânica M+FS sem suplementação das fontes de metionina e da CCPO ($p < 0,05$). Conclui-se que o coproduto da castanha-do-pará é ingrediente estratégico para coturnicultura orgânica porque substitui totalmente as fontes sintéticas de metionina em dietas orgânicas de codornas japonesas.

Palavras-chaves: Coturnicultura. Fonte de metionina. Ovo orgânico

ABSTRACT

The aim was to develop a model of organic diet with a natural source of methionine, thereby adding value to Japanese quail eggs. First trial: the chemical composition and apparent metabolizable energy (AME) and AME corrected for nitrogen balance (AMEn) of conventional corn (CONVC), organic corn (ORGC), conventional soybean meal (CONVSBM), organic soybean meal (ORGSBM) and organic soybean meal and Brazil nut of coproduct organic (BNCO), were evaluated. The BNCO was evaluated as an energy, protein source and as a substitute for removing synthetic sources of methionine from the laying quail organic diet. The energy values were estimated in a metabolism test carried out in a completely randomized design with 180 Japanese quails, 105 days old, selected by body weight and laying rate. The traditional method of total excreta collection was used, with six treatments, five of which were experimental and a reference diet, each treatment with five repetitions of six birds. Each experimental diet consisted, on the basis of natural matter, for 60% of the reference diet and 40% of the ingredient to be tested. The BNCO had a higher crude protein content (34.40%) than the two types of conventional and organic corn and less than the two types of soybean meal, and the ether extract content (29.37%) higher than the two types of corn and soybean meal. The BNCO's AME and AMEn of, respectively, 3.815 and 3.790kcal / kg were higher than that of the CCONV of 3,353 and 3,295kcal / kg, of the CORG of 3,247 and 3,174 kcal / kg; the CONVSBM of 2,782 and 2,426 kcal / kg and the ORGSBM of 2,937 and 2,519 kcal / kg. However, better coefficients of gross energy metabolism were observed for CCONV (93.68%) and CORG (89.13%), compared to BNCO (75.97%) and CONVSBM (65.13%) and ORGSBM (61.51%). Second trial: the productive responses of 180 quails were evaluated, distributed in a completely randomized design, composed of five treatments, three conventional diets based on corn and conventional soybean meal and supplemented with DL - Met; L - Met and MHA Ca and two organic diets based on corn and organic soybean meal, one without the source of methionine and the other supplemented with organic by-product of the Brazil nut, each treatment with six repetitions of six birds. The quail groups that received diets containing C + SBM CONV + synthetic methionine (DL-Met, L-Met and MHA-Ca) consumed more ($p \leq 0.05$) compared to groups fed with organic diets (C + SBM and C + SBM BNCO). The best results of egg production, egg weight and egg mass were observed in the quail groups fed with C + SBM CONV + DL-Met and BNCO that did not differ ($p > 0.05$). The best results of feed conversions per dozen and per mass of eggs were observed for quails receiving the organic mixture containing BNCO as a source of amino acids. The components of yolk and shell weight were lower in the treatment of organic diet C + SBM without supplementation of sources of methionine and BNCO ($p < 0.05$). The by-product of Brazil nuts is a strategic ingredient for organic cotton farming because it completely replaces synthetic sources of methionine in organic Japanese quail diets.

Keywords: Coturnicultura. Source of methionine. Organic egg

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 AMINOÁCIDOS NA PRODUÇÃO ORGÂNICA	11
2.2 METIONINA NA NUTRIÇÃO DE AVES	12
2.3 ALTERNATIVAS A METIONINA SINTÉTICA NA NUTRIÇÃO ORGÂNICA DE AVES.....	13
2.4 CASTANHA-DO-PARÁ	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 PROCESSAMENTO DA CASTANHA-DO-PARÁ	17
3.2 EXPERIMENTO 1 – DETERMINAÇÃO DE ENERGIA E COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DE INGREDIENTES.....	18
3.3 EXPERIMENTO 2 - DESEMPENHO E QUALIDADE DE OVOS DE CODORNAS ALIMENTADAS COM DIETAS ORGÂNICAS E CONVENCIONAIS.....	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1 EXPERIMENTO 1 - VALORES NUTRICIONAIS E ENERGÉTICOS DOS INGREDIENTES	24
4.2 EXPERIMENTO 2 - DESEMPENHO E QUALIDADE DE OVOS DE CODORNAS ALIMENTADAS COM DIETAS ORGÂNICAS E CONVENCIONAIS.....	27
5 CONCLUSÃO.....	33
REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

Um dos principais entraves para o desenvolvimento da produção orgânica animal se dá frente à escassez de informações sobre a qualidade, o elevado preço dos grãos e demais componentes orgânicos para a elaboração das dietas que, de modo geral, além de milho, farelo de soja são utilizados fontes de vitaminas e minerais, de aminoácidos sintéticos indispensáveis para garantir boa nutrição, desempenho produtivo, reprodutivo e eficiência do sistema imunológico (DEMATTÊ FILHO et al., 2015).

As dietas contendo milho e farelo de soja são normalmente mais deficientes em metionina, exigida para o desenvolvimento e desempenho normal das aves, devendo ser suplementada com fontes sintéticas (PINTO et al, 2003). A metionina ofertada em quantidade suficiente na dieta melhora a imunidade e a deficiência normalmente causa pior conversão alimentar, crescimento retardado, redução na produção dos ovos e aumento na deposição de gordura no fígado (CARVALHO, 2017).

As principais fontes de metionina disponíveis para a produção animal são L-metionina (L-Met), DL-metionina (DL-Met) e metionina hidroxí análoga (MHA). Entretanto, o uso de aminoácidos industriais, incluindo a metionina, vem sendo questionado em sistemas orgânicos de produção. No Brasil, o fornecimento de aminoácidos sintéticos em sistemas orgânicos só é permitido para prevenção de doenças carenciais que afetem a saúde e o bem-estar animal, vedado o uso para aumento de produtividade (MAPA, 2014). Nos Estados Unidos, exceto a DL-metionina e DL-MHA a utilização de outras fontes de aminoácidos não é permitida em dietas orgânicas. Porém, desde 2011, o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) liberou a adição de metade da dose de metionina exigida pelas aves com tendência de banimento no futuro (BURLEY et al., 2017). Na Europa, a utilização de aminoácidos sintéticos em dietas orgânicas para produção animal é proibida, incluindo as fontes de metionina industriais (FANATICO, 2010).

Com a tendência de proibir o uso das fontes de metionina sintética em dietas orgânicas é provável que as aves se tornem menos eficientes e os preços dos produtos avícolas aumentem para os consumidores (DEMATTÊ FILHO et al., 2015). No entanto, a busca por produtos alternativos com características orgânicas que possibilitem atender as necessidades de metionina das aves, sem a utilização de fontes industriais, está sendo valorizada.

A castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa*) é uma oleaginosa de valioso poder nutritivo e comercial devido a sua alta concentração de lipídeos de cerca de 60 a 70% e valor de energia bruta em torno de 691 kcal/100 g (MULLER et al., 1995; BALBI et al., 2014). Além de ser

energética, a castanha-do-pará se destaca por possuir proteína de alto valor biológico (SOUZA & MENEZES, 2004) sendo considerada uma das fontes naturais mais rica em aminoácidos sulfurados (3,5% de metionina), que normalmente, são deficientes na maioria das proteínas vegetais (BURLEY et al., 2017).

Segundo Jacob (2013) e Burley et al. (2015) o coproduto da castanha-do-pará tem se destacado como fonte de metionina com potencial de substituir os aminoácidos sintéticos. Em estudo realizado por Souza et al. (2016) foi observado que a torta de castanha-do-pará apresentou 2,5% de metionina, no entanto, Burley & Patterson (2017) encontraram percentual de 3,35% de metionina.

Dessa forma, objetivando desenvolver um modelo de dieta 100% orgânica e valorizar os ovos de codornas avaliou a inclusão do coproduto da castanha-do-pará em substituição as fontes sintéticas de metionina na alimentação de codornas japonesas em postura.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 AMINOÁCIDOS NA PRODUÇÃO ORGÂNICA

A produção orgânica no Brasil é regulamentada pela Instrução Normativa de número 17, de 18 de junho de 2014, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. No país, a utilização de aminoácidos industriais no sistema orgânico de produção animal só é permitida para prevenção de doenças carências que possivelmente afetem a saúde e o bem-estar animal, sendo vedado seu uso para o aumento de produtividade (MAPA, 2014).

Nos Estados Unidos, a produção orgânica animal é regulamentada pelo Programa Nacional Orgânico (NOP). O NOP, foi instituído em 2001 e tem por objetivo padronizar a produção orgânica no país. Operando como uma parceria público-privada, a NOP credencia empresas privadas e ajuda a treinar seus inspetores para certificar que fazendas e empresas atendem aos padrões orgânicos nacionais. Dentro do regulamento do NOP o uso de aminoácidos industriais em sistemas orgânicos de produção é proibido, exceto a metionina sintética para aves (BURLEY et al., 2016a).

Quando a regra do NOP foi publicada em 2002, a permissão ao uso de metionina terminaria em 2005. Foi concedida uma prorrogação até 2008 e depois até outubro de 2010 (FANATICO, 2010). Em março de 2011, o NOP determinou que o uso de metionina industrial deveria ser limitado a 2; 2,5 e 3 kg por tonelada de ração para poedeiras orgânicas, frangos, perus e outras aves, respectivamente. Em outubro de 2012, restringiu-se a 1;1;1,5 kg de metionina industrial por tonelada para galinhas poedeiras, frangos, perus e outras aves, respectivamente. Isto é metade da quantidade anteriormente permitida para todas as espécies (BURLEY et al., 2016b).

Na Europa, em sistema de produção orgânica, os agricultores precisam fornecer ração 100% orgânica para seus animais, sem o uso de aminoácidos industriais, incluindo a metionina na produção de aves (FANATICO, 2010). No entanto, a gama de matérias-primas orgânicas é limitado, e é difícil fornecer os aminoácidos essenciais, no equilíbrio correto para diferentes espécies.

Devido a essencialidade da metionina para as aves, o principal desafio dos nutricionais é encontrar alternativas ao uso da metionina industrial que possa atender as exigências sem afetar o desempenho e a produção das aves (VAN KRIMPEN et al., 2015).

2.2 METIONINA NA NUTRIÇÃO DE AVES

A metionina é um aminoácido sulfurado essencial e aparece como primeiro limitante na nutrição de aves. Isso se deve ao fato de que as dietas de aves serem formuladas com a tradicional mistura de milho e farelo de soja, que não atende completamente às exigências desse aminoácido, comprometendo as características reprodutivas e produtivas dos animais (SILVA et al., 2014).

De acordo com Castro et al. (2011) a metionina é doadora de radicais metil necessários à biossíntese de colina, creatina, creatinina, poliaminas, epinefrina e melatonina, que são componentes corporais fundamentais ao crescimento normal dos animais. Serve também como fonte alternativa de cistina em um processo não-reversível, desempenhando função especial na estrutura de muitas proteínas (imunoglobulinas, hormônio insulina) e interligando cadeias polipeptídicas por meio de pontes dissulfeto (LENNINGHER, 1996).

A metionina e a cistina são considerados aminoácidos fisiologicamente essenciais para manutenção, crescimento das aves e para o desenvolvimento das penas (PINTO et al., 2003). Rostagno et al. (2011) consideram que, no mínimo, 55% dos aminoácidos sulfurosos na ração devem ser fornecidos na forma de metionina para as aves em todas as fases de criação.

A deficiência de metionina normalmente leva à pior conversão alimentar, crescimento retardado de aves de corte e redução na produção e peso de ovos em aves de postura. A metionina é necessária para a síntese de proteína corporal, para desenvolvimentos do sistema imunológico e formação das penas. Uma ave que passa por deficiência em metionina tenderá a comer as penas na tentativa de obter metionina suficiente. No entanto, o ato de bicar as penas pode se transformar rapidamente em comportamento canibal em um plantel (JACOB, 2013).

Atualmente, as fontes de metionina como os demais aminoácidos essenciais utilizados na produção animal são produzidas pela indústria. As fontes de metionina mais utilizadas e disponíveis no mercado são: ácido DL-2- amino-4 (metiltio) butanóico, apresentada na forma de pó (DL-Metionina) ou na forma líquida como sal de sódio (DL-Metionina-Na). Os hidroxianálogos de metionina (MHA) ou o ácido DL-2-hidroxi-4 (metilo) butanóico são comercializados na forma de pó, como sal de cálcio (MHA-Ca) ou na forma líquida, como ácido livre (MHA-AL) (MOURA et al., 2010).

A DL Metionina é um produto puro que contém 99% de metionina, e a MHA-AL líquida contém 88% de monômeros e formas poliméricas (dímeros, oligômeros) de MHA-AL. A MHA-AL é similar a DL-Metionina, exceto por conter um grupo hidróxido em lugar de um grupo amino. Por isto, a MHA-AL não é considerada um aminoácido, necessitando ser

convertida em metionina por diferentes transformações enzimáticas no metabolismo animal (BRUMANO, 2010).

A metionina industrial, comumente adicionada às dietas convencionais para aves, tem uso restrito nas dietas orgânicas. No entanto, para fornecer metionina às aves em sistemas orgânicos, os produtores precisam se voltar para fontes alternativas (FOUTZ et al., 2020).

Em estudos realizados por Jacob (2013) e Burley et al. (2015) possíveis alternativas de metionina foram identificadas, incluindo a castanha-do-pará com cerca de 3,35% de metionina na sua farinha.

2.3 ALTERNATIVAS A METIONINA SINTÉTICA NA NUTRIÇÃO ORGÂNICA DE AVES

O aumento da proteína bruta (PB) da dieta se mostra como alternativa a atender as exigências de metionina de aves em dietas orgânicas. No entanto, essa estratégia leva ao aumento no custo da ração e pode ser prejudicial as aves e ao ambiente. O excesso de proteína não digerida favorece a proliferação de microrganismos patogênico no trato digestório e no ambiente, via dejetos, aumenta a incidência de diarreia, pode causar problemas respiratórios e aumenta a suscetibilidade das aves a outras doenças (FANATICO, 2010).

Burley et al. (2015) publicaram em seu estudo uma lista de ingredientes ricos em metionina em que muitos podem ser explorados e estudados como alternativa à metionina industrial na nutrição animal. Na Tabela 1 constam alguns dos ingredientes com seus respectivos percentuais de metionina citados pelo autor.

Ao longo dos anos pesquisas estão sendo desenvolvidas na busca de ingredientes alternativos à metionina industrial em dietas para aves. Apesar das fontes proteicas de origem vegetal não apresentarem elevado percentual de metionina quando comparadas aos 99% presentes na DL-metionina, resultados positivos já foram encontrados. Em estudo realizado por Diarra & Usman (2008) avaliou-se a farinha de semente de gergelim (FSD) como alternativa a metionina industrial em dieta para galinhas de postura. Foi possível constatar que as exigências de metionina das aves foram atendidas, pois, não se observou efeitos adversos na produção e qualidade dos ovos.

A farinha de sementes de girassol é rica em metionina (1,60) o que é utilizado como fonte orgânica de metionina. Verificou-se que a farinha de sementes de girassol poderia substituir completamente o farelo de soja em dietas para frangos de corte, onde melhorou o peso corporal e desempenho (Rama Rao et al., 2005).

Tabela 1 - Teor de metionina de vários ingredientes¹

Ingredientes	Metionina (%) ²
Farinha da castanha-do-pará (prensada a frio)	3,35
Proteína de batata	1,67
Farinha de sementes de girassol (extraído com solvente)	1,60
Farinha de glúten de milho (60% PB)	1,45
Farinha de gergelim (expeller)	1,40
Farinha de glúten de milho (41% PB)	1,22
Farinha de sementes de girassol (descascado/expeller)	1,04
Isolado de proteína de soja	1,01
Concentrado de proteína de soja	0,81
Farinha de sementes de girassol (sem casca/prensa mecânica)	0,74
Farinha de linhaça	0,73
Farinha de colza	0,68
Farinha de algodão (prensada a frio)	0,63
Farelo de soja (solvente)	0,62
Farinha de amendoim (solvente)	0,57
Farelo de soja (expeller)	0,55
Milho alta metionina	0,32
Milho	0,18

¹ Adaptado de Burley et al. (2015).² Matéria natural.

Jacob et al. (2008) examinaram o uso do milho de alta metionina como fonte de metionina em dietas para aves. O milho de alta metionina contém 53% mais de proteína bruta do que o milho tradicional com teor de metionina de 0,32%. No estudo, duas dietas foram formuladas, uma com milho convencional e metionina industrial e outra com milho de alta metionina para atender os requisitos de metionina. Jacob et al. (2008) não relataram diferenças no peso corporal, consumo de ração, conversão alimentar. O grupo concluiu que a inclusão de milho de alta metionina em dietas orgânicas atende as exigências de metionina para aves de corte.

Foutz (2018) avaliou os efeitos da substituição completa da DL-Metionina pela farinha de castanha-do-pará em dietas de frangos de corte criados em sistema orgânico. Os resultados obtidos demonstraram que o uso da farinha de castanha-do-pará se mostrou um substituto viável da DL-metionina em dietas para frangos de corte, não apresentando diferenças no crescimento e no rendimento de carcaça em comparação aos frangos alimentados com dieta convencional.

2.4 CASTANHA-DO-PARÁ

A castanheira-do-pará ou castanheira amazônica (*Bertholletia excelsa* H.B.K) é uma das plantas mais nobres e valiosas da Amazônia. Sua distribuição geográfica é ampla, podendo ser encontrada em grande parte da América Latina. Entretanto, os desenvolvimentos de florestas mais densos acontecem no Brasil onde as concentrações da produção estão localizadas nos Estados do Acre, Amazonas, Amapá, Mato Grosso, Pará e Rondônia, sendo os três primeiros responsáveis por mais de 90% do volume produzido (SANTOS et al., 2010; CONAB, 2017).

O fruto da castanha-do-pará é conhecido como ouriço, apresenta forma esférica e seu peso pode sofrer varrições de 200g a 1,5kg, pesando em média 700g e apresentando cerca de 18 sementes (BALBI et al., 2014).

O fruto possui uma casca muito dura, em seu interior estão contidas as sementes também chamadas de amêndoas ou castanhas, que por sua vez constituem a parte comestível, sendo popularmente conhecido como castanha-do-pará, castanha-do-brasil e mais recentemente como castanha-da-Amazônia (SÁ et al., 2008; WADT & KAINER, 2009). No exterior, a castanha-do-pará é mais conhecida como “Brazil nut” (noz do Brasil) (MMA, 2017).

De exploração extrativista, tem participação significativa na economia da região amazônica (SOUZA et al., 2008). No ano de 2018 o Brasil produziu 34 mil toneladas de castanha-do-pará, que rendeu ao país cerca de R\$ 130.911.000 milhões de reais (IBGE, 2019). De acordo com Souza & Menezes (2008), cerca de 90% da castanha-da-Amazônia produzida no país é exportada. Entre os principais consumidores estão os Estados Unidos, Austrália, Alemanha, Escócia e Inglaterra (MMA, 2017).

De agradável sabor e reconhecido valor nutricional a amêndoa *in natura* é a principal forma de consumo da castanha-do-pará, entretanto, coprodutos como óleo, farelo ou torta são potencialmente nutritivos e utilizados na alimentação humana e/ou na indústria de cosméticos (LOCATELLI et al., 2005).

A amêndoa de castanha-do-pará apresenta a seguinte composição química centesimal: 3,13% de umidade; 14,29% de proteína bruta; 67,30% lipídeos; 3,42% de carboidratos; 3,84 % de matéria mineral e elevado valor energético com média de 676kcal/100g (SOUZA & MENEZES, 2004).

O óleo extraído das amêndoas apresenta elevado valor nutricional e funcional. Em sua composição estão cerca de 13,8% de ácido palmítico, 8,7% de ácido esteárico, 31,4% de ácido

oleico (ω -9, 18:1), e 45,2% de ácido linoleico (ω - 6, 18:2), além de pequenas quantidades dos ácidos mirístico e palmitoléico.

O óleo da castanha-do-pará tem sido utilizado como óleo fino de mesa e na formulação de cosméticos (FREITAS et al., 2007). Após extração dos lipídios, os macrocomponentes da castanha-do-pará não são transferidos para o óleo em quantidades importantes e, dessa forma, ficam retidos no resíduo sólido da extração do óleo (torta) independentemente do método de extração (SANTOS, 2013).

Em estudo realizado por Souza et al. (2016), os principais macrocomponentes encontrados na torta parcialmente desengordurada de castanha-do-pará foram em torno de 37,54% de proteínas; 35,33% lipídeos; 9,65% de fibras totais e um elevado teor energético de 502,08 kcal/100g. A torta da castanha-do-pará também se mostrou rica em aminoácidos sulfurados, como a metionina e a cisteína, com valores médios de 25,3 e 7,5 mg/g, respectivamente.

Burley e Patterson (2017) investigaram a o coproduto da castanha-do-pará, a clara de ovo em pó e uma mistura (70:30 albumens: gema) de ovo em pó como alternativas ao uso de metionina industrial em dietas orgânicas para galinhas poedeiras. O estudo mostrou que a coproduto da castanha-do-pará e as duas diferentes misturas de ovo podem ser usados para substituir a metionina industrial em dietas para galinhas poedeiras sem afetar negativamente o peso, a produção ou a qualidade dos ovos.

Isso torna a coproduto da castanha-do-pará orgânica alternativa como fonte de metionina para ser utilizada em dietas orgânicas para codornas japonesas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 PROCESSAMENTO DA CASTANHA-DO-PARÁ

O projeto foi submetido ao Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal da Paraíba e foi aprovado sob o protocolo de número 1611070519/2019.

A castanha-do-pará utilizada no experimento foi adquirida pré-processada, proveniente da agroindústria Amazon Oil, localizada na cidade de Ananindeua no Estado do Pará. A castanha pré-processada adquirida continha 50% de extrato etéreo e proteína de 25,2% e como estava fora do padrão foi submetido a uma prensagem definitiva em prensa hidráulica com força de 30 toneladas. Na Figura 1, encontra-se o fluxograma dos processamentos para obtenção do coproduto da castanha-do-pará orgânica (CCPO).

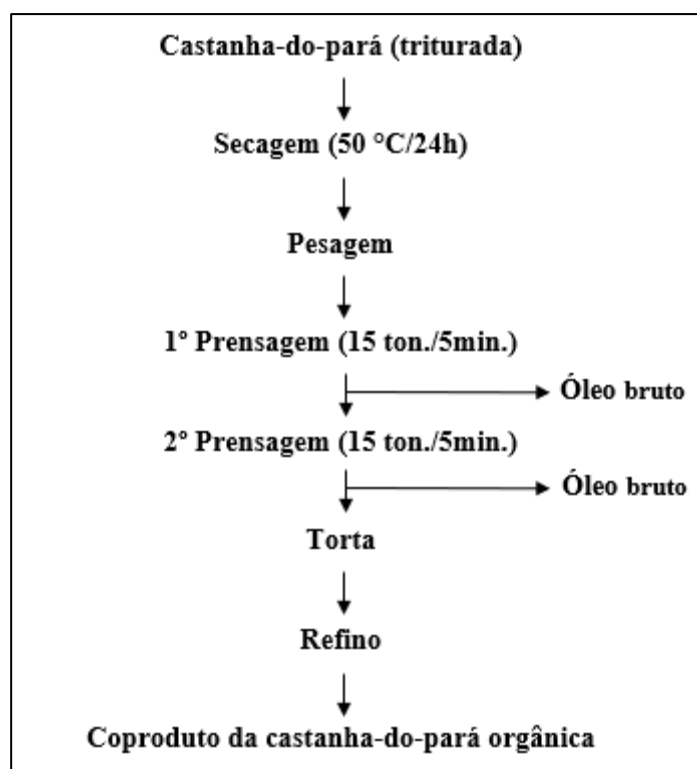


Figura 1 - Fluxograma de obtenção do coproduto da castanha-do-pará orgânica
(Fonte: Autor)

Antes da prensagem, a castanha pré-processada foi submetido ao aquecimento, que ocorreu em estufa de circulação forçada de ar (50 °C) por período de 24 horas. Na etapa seguinte, o coproduto foi pesado em 200 g em balança semi-analítica, precisão de 0,1 g, colocado em saco de tecido voil e, em seguida, no cilindro da prensa, onde um êmbolo de pressão fez a extração do óleo residual da amostra.

Objetivando realizar a extração do óleo com maior eficiência, a mesma torta foi prensada duas vezes com pressão de 15 toneladas durante 5 minutos. O material prensado foi posteriormente refinado em moinho Willye, marca tecnal e uniformizado passando a ser então denominado como coproduto da castanha-do-pará orgânica.

As análises laboratoriais foram realizadas nas dependências do Laboratório de Nutrição Animal e Análises Avançadas de Alimentos (LANA), do Campus III da UFPB. As determinações de umidade, matéria mineral, extrato etéreo, carboidratos totais, proteína bruta, fibra bruta e energia bruta foram realizadas seguindo a metodologia de Silva & Queiroz (2002). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

3.2 EXPERIMENTO 1 – DETERMINAÇÃO DE ENERGIA E COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DE INGREDIENTES

Um total de 180 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*), fêmeas, com 105 dias de idade, selecionadas pelo peso corporal e taxa de postura foram alojadas em gaiola metálica medindo 33 x 25 x 20 cm em cinco andares, equipada com comedouro linear galvanizado, bebedouro *nipple* e bandeja para coleta de excreta, devidamente forrada com plástico. As aves foram mantidas sob programa de luz diário de 24 horas, a fim de estimular o consumo da dieta.

Para determinar os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e EMA corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) dos alimentos foi utilizado o método tradicional de coleta total de excreta descrito por Sibbald e Slinger (1963).

As codornas foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado com seis dietas e cinco repetições de seis aves cada. Os tratamentos foram constituídos por seis dietas, cinco experimentais e uma dieta referência (Tabela 2). Os ingredientes testados foram: milho convencional, milho orgânico, farelo de soja convencional, farelo de soja orgânico e o coproduto da castanha-do-pará orgânica. Cada dieta experimental foi constituída, na base da matéria natural, por 60% da dieta-referência e 40% do ingrediente a ser testado.

O período experimental teve a duração de oito dias, sendo quatro dias de adaptação e quatro de coleta de excreta. As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia na proporção de 30 g/ave/dia para evitar desperdícios.

As excretas foram colhidas duas vezes ao dia (manhã e tarde), depois de retiradas penas e grânulos da dieta foram pesadas e acondicionadas em sacos plásticos identificados de acordo com a parcela e armazenadas em freezer (-20°C). Ao término do período de coletas, as excretas de cada parcela experimental foram descongeladas, homogeneizadas e pesadas. Em

seguida, pré-secas em estufa de ventilação forçada por 72 horas a 55 °C, moídas e acondicionadas em embalagens plásticas para as análises.

Tabela 2 - Composição alimentar e química da dieta referência utilizada no experimento¹

Ingrediente	(%)
Milho Grão ^(9,30%)	56,598
Farelo de Soja ^(46,16%)	34,360
Calcário calcítico	7,242
Fosfato bicalcico	0,877
Sal comum	0,403
Cloreto de colina	0,150
DL-Metionina	0,138
L-Lisina HCL	0,131
Premix Vitamínico/Mineral ²	0,100
Total	100,000
Energia metabolizável (kcal/kg)	2843,552
Proteína bruta (%)	20,600
Metionina + Cistina total (%)	0,709
Metionina total (%)	0,440
Lisina Total (%)	1,204
Treonina total (%)	0,800
Cálcio (%)	3,050
Fosforo disponível (%)	0,280
Sódio (%)	0,180

¹Recomendações nutricionais segundo Silva & Costa (2009); ²Níveis de garantia/kg: Vit A 3.600.000,00 UI, Vit D3 1.000.000,00 UI, Vit E 8.000,00 UI, Vit K3 1.000,00 mg, Vit B1 800,00 mg, Vit B2 2.400,00 mg, Ácido pantotênico 4.800,00 mg, Vit B6 1.200,15 mg, Vit B12: 6.000,00 mcg, Ácido nicotínico 14,00 g, Ácido fólico: 600,00 mg, Biotina 40,00 mg, Colina 87,00 g, Ferro, 16,67 g, Cobre 3.333,34 mg, Manganês 21,67 g, Zinco 21,67 g, Iodo 333,33 mg, Selênio 100,00 mg, Enramicina 3.333,36 mg, Salinomicina sódica 22,00.

As análises bromatológicas dos ingredientes, dietas e excretas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal e Análises Avançadas de Alimentos (LANA), do Campus III da UFPB, onde foram determinadas a matéria seca, nitrogênio total e energia bruta, de acordo com as metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002).

A partir desses dados, foram determinados os valores de energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida para retenção de nitrogênio (EMAn), utilizando-se as equações descritas por Matterson et al. (1965).

Utilizando os dados de EMAn e EB, expressos na matéria natural, calculou-se o coeficiente percentual de metabolização aparente da energia bruta (CMEB) do milho e farelo de soja (convencional e orgânico) e o coproduto da castanha-do-pará orgânica.

As médias de energia metabolizáveis aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida para retenção de nitrogênio (EMAn) e o coeficiente metabolizabilidade da EB (CMEB) do milho e farelo de soja foram submetidas a análise de variância utilizando o PROC GLM do Software Statistical Analysis System, SAS (Versão 9.1, 2003).

3.3 EXPERIMENTO 2 - DESEMPENHO E QUALIDADE DE OVOS DE CODORNAS ALIMENTADAS COM DIETAS ORGÂNICAS E CONVENCIONAIS

Foi utilizado um total de 180 codornas japonesas fêmeas (*Coturnix coturnix japonica*) com 126 dias de idade, peso médio de $156,10 \pm 0,35\text{g}$, taxa inicial de postura de ovos de $90,6 \pm 1,2\%$ e duração experimental de 84 dias dividido por 4 ciclos de 21 dias. Para compor as unidades experimentais, inicialmente, as aves com 90 dias de idade foram uniformizadas e alojadas em gaiolas de acordo com a taxa de postura. Posteriormente, foram realizados acompanhamentos tanto da taxa de postura como do peso corporal, para que todas as parcelas iniciassem o experimento nas mesmas condições.

As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em parcela adaptada em caixas plásticas de transporte de frangos vivos medindo $77 \times 57 \times 21 \text{ cm}$, equipadas com comedouros lineares confeccionados com papel paraná nº 50 e bebedouros do tipo pressão montados com garrafas pets de 1 litro e canos de PVC de 20 mm. O piso da parcela foi coberto com cama de maravalha para proporcionar as codornas maior conforto e melhor bem-estar.

Com base na Instrução Normativa Nº 46, de 6 de outubro de 2011 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), alojou-se seis aves por unidade experimental que correspondia a área de $0,073 \text{ m}^2/\text{ave}$ e o programa de iluminação foi de 16 horas de luz (natural + artificial) e 8 horas de escuro.

Durante todo o período experimental, os ovos foram coletados diariamente às 8:00 e 16:00 horas, separados e contabilizados quanto ao número de ovos normais, sem casca, com casca fina e com gema dupla. Seguindo ao manejo supracitado, foram verificadas as medidas de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar (UR) no interior do galpão, aferidos por meio de um termo-higrômetro digital.

As temperaturas médias no local do experimento foi de $28,85^{\circ}\text{C}$, a média das mínimas de $28,30 \pm 0,90^{\circ}\text{C}$ e a média das máximas de $29,40 \pm 1,92^{\circ}\text{C}$. No período, o valor médio da umidade relativa do ar foi de $68,6 \pm 2,0\%$.

A dieta foi fornecida à vontade, com comedouros e bebedouros limpos todos os dias. Quanto a higienização das gaiolas, uma vez por semana todas as camas eram retiradas e novas eram adicionadas, objetivando-se manter o interior das gaiolas sempre limpo, seco e confortável para o alojamento das aves. As dietas foram formuladas para atender às exigências nutricionais das codornas japonesas (postura 1), seguindo as recomendações de Silva & Costa (2009). As composições percentuais e calculadas das dietas em função dos tratamentos

encontram-se apresentados na Tabela 3. Para a formulação das dietas experimentais, foram utilizados os valores de EMAn determinado no experimento 1 para coproduto da castanha-do-pará orgânica, milho e farelo de soja convencional e orgânico.

O consumo total foi obtido registrando-se o peso inicial das rações oferecidas menos o peso final das sobras. Mensurou-se o consumo de ração/ave/dia através da divisão do consumo total por parcela pelo número de aves e pelo número de dias, sendo resultado expressado em gramas de ração consumida/ave/dia.

A coleta dos ovos era realizada diariamente em dois turnos, manhã (8:00h) e tarde (16:00h). A produção de ovos foi calculada retirando-se do total de ovos produzidos, os quebrados, os trincados e os anormais, considerando-se neste caso apenas a percentagem de ovos viáveis à comercialização para cada tratamento.

O peso médio dos ovos de cada parcela foi obtido mediante a pesagem de todos os ovos íntegros produzidos durante o 19º, 20º e 21º dias de cada ciclo (21 dias). Para cálculo da massa total de ovos, multiplicou-se o peso médio dos ovos pelo número total de ovos produzidos no período. A massa total de ovos foi dividida pelo número total de aves e o número de dias do período, sendo assim, expressa em gramas de ovo/ave/dia.

A conversão por dúzia de ovos foi expressa a partir do consumo total de ração dividido pela dúzia de ovos produzidos (g/dz). A conversão por massa de ovos, foi obtida a partir da divisão do consumo total de ração pela massa de ovos produzidas (g/g).

Para quantificação dos componentes dos ovos foram avaliados o peso da gema, o peso do albúmen e o peso da casca do ovo. Para isso, dois ovos de cada repetição foram selecionados, de maneira aleatória do total de ovos íntegros coletados, durante os dias 19, 20 e 21º de cada período. Os ovos de cada repetição e de cada dia foram pesados individualmente em balança com precisão de 0,001 g. Após as pesagens dos ovos, os mesmos foram identificados e, posteriormente, foram quebrados. A gema de cada ovo foi pesada e registrada, e a respectiva casca foi lavada e seca ao ar, para posterior obtenção do seu peso. O peso do albúmen foi obtido a partir da soma do peso da gema e casca, menos o peso do ovo.

Para determinar a unidade Haugh, foi feita a medida da altura do albúmen com o uso de um micrômetro. A medida foi realizada no ponto médio entre a extremidade da gema e a extremidade externa do albúmen mais espessa. Os valores de unidade Haugh levam em consideração a relação logarítmica entre a altura do albúmen denso e o peso do ovo. Para o cálculo, aplicou-se a seguinte equação (SOUZA et al., 1994):

Tabela 3 - Composições percentuais e calculadas dos tratamentos para codornas no período de postura com base na matéria natural

Ingredientes	Dietas convencionais			Dietas orgânicas	
	M+FS+DLMet	M+FS+LMet	M+FS+MHA Ca	M+FS	M+FS+CCPO
Milho Grão Convencional ^(9,30%)	56,598	56,598	56,598	-	-
Farelo de soja convencional ^(46,16%)	34,361	34,361	34,361	-	-
Milho grão orgânico ^(9,52%)	-	-	-	55,269	51,277
Farelo de soja orgânico ^(43,43%)	-	-	-	35,732	27,320
Coproduto da castanha do Pará ^(34,40%)	-	-	-	-	12,529
Óleo de soja	-	-	-	0,332	-
Calcário	7,242	7,242	7,190	7,172	7,831
Fosfato bicálcico 18,1%	0,877	0,877	0,877	0,790	0,104
Sal comum	0,403	0,403	0,403	0,454	0,689
Cloreto de colina	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
DL-Metionina	0,138	-	-	-	-
L-Metionina	-	0,138	-	-	-
Metionina hidroxí análoga Ca	-	-	0,163	-	-
L-Lisina • HCl	0,130	0,131	0,131	-	-
Premix vitamínico/mineral ²	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Inerte	-	-	0,028	-	-
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Composição Calculada:					
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2843	2843	2843	2850	2850
Proteína bruta (%)	20,60	20,60	20,60	20,90	21,00
Cálcio (%)	3,05	3,05	3,05	3,00	3,10
Fibra bruta (%)	2,93	2,93	2,93	2,98	2,81
Fosforo total (%)	0,48	0,48	0,48	0,48	0,47
Gordura (%)	2,55	2,55	2,55	2,86	6,01
Isoleucina total (%)	0,89	0,89	0,89	0,92	0,86
Lisina total (%)	1,20	1,20	1,20	1,14	1,01
Met + Cistina total (%)	0,78	0,78	0,78	0,66	0,91
Metionina total (%)	0,44	0,44	0,44	0,31	0,53
Treonina total (%)	0,80	0,80	0,80	0,82	0,74
Triptofano total (%)	0,25	0,25	0,25	0,26	0,20
Valina total (%)	0,98	0,98	0,98	1,01	1,02
Matéria mineral (%)	2,73	2,73	2,73	-	3,55
Potássio (%)	0,80	0,80	0,80	0,82	0,79
Sódio (%)	0,18	0,18	0,18	0,20	0,29
Composição Analisada:					
EMAn (kcal/kg)	2730	2710	2700	2683	2980
Proteína Bruta (%)	21,30	21,00	21,20	20,77	21,05

¹M+FS+DL Met = Milho e Farelo de soja convencional + DL – Metionina; M+FS+L Met = Milho e Farelo de soja convencional + L – Metionina; M+FS+MHA Ca = Milho e Farelo de soja convencional + Metionina Hidroxí análoga cálcica; M+FS = Milho e Farelo de soja orgânico sem fonte adicional de metionina; M+FS+CCPO = Milho e Farelo de soja orgânico + Coproduto da Castanha-do-pará orgânica;

²Níveis de garantia/kg: Vit A 3.600.000,00 UI, Vit D3 1.000.000,00 UI, Vit E 8.000,00 UI, Vit K3 1.000,00 mg, Vit B1 800,00 mg, Vit B2 2.400,00 mg, Ácido pantotênico 4.800,00 mg, Vit B6 1.200,15 mg, Vit B12: 6.000,00 mcg, Ácido nicotínico 14,00 g, Ácido fólico: 600,00 mg, Biotina 40,00 mg, Colina 87,00 g, Ferro, 16,67 g, Cobre 3.333,34 mg, Manganês 21,67 g, Zinco 21,67 g, Iodo 333,33 mg, Selênio 100,00 mg, Enramicina 3.333,36 mg, Salinomicina sódica 22,00.

$$UH = 100 \text{ Log } (H + 7,57 - 1,7 W^{0,37})$$

Onde:

- H = altura do albúmen em milímetros
- W = peso do ovo em gramas.

A determinação da gravidade específica dos ovos foram realizadas nos dias 19, 20 e 21º de cada período; os ovos íntegros que não foram selecionados para a primeira análise foram imersos e avaliados em soluções de NaCl com densidade variando de 1,060 a 1,100 g/cm³, com intervalos de 0,0025 g/cm³ entre elas, com o auxílio densímetro de petróleo.

Para o parâmetro de espessura, as cascas foram lavadas em água corrente e secadas por 24 horas em temperatura ambiente. Após secagem, as cascas foram pesadas e quebradas em dois pontos na região equatorial onde foi realizada a medida da espessura por meio de um micrômetro analógico (Ames), sendo obtida a média das medidas.

A avaliação da cor de gema foi realizada utilizando-se o método de análise subjetiva, com uso do leque colorimétrico (Roche), que consistiu em avaliar sobre uma superfície branca não refletiva, eliminando a influência das cores circundantes ou adjacentes. Foi usada luz natural indireta, sem luz artificial forte, evitando o reflexo da superfície da gema do ovo. As lâminas do leque foram posicionadas imediatamente acima da gema e observadas na vertical, de cima para baixo, com os números das lâminas virados para baixo, posicionando a gema entre as pontas das lâminas. Um único observador realizou a leitura por vez, da cor durante todo o experimento, observando sempre a lâmina do lado sem número e mostrando o número para um assistente, que registrou os dados em uma tabela. Para melhor precisão foi realizada 3 leituras por avaliadores diferentes.

Os dados foram submetidos a análises estatísticas de acordo com o Software Statistical Analysis System, SAS (Versão 9.1, 2003), utilizando-se os procedimentos para análise de variância e na ocorrência de efeito significativo, as médias foram comparadas pelo teste de SNK (Student Newman-Keuls) em nível de 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 EXPERIMENTO 1 - VALORES NUTRICIONAIS E ENERGÉTICOS DOS INGREDIENTES

Para cada 200 g do material submetido à extração do óleo por prensa hidráulica, nas condições experimentais, foi possível a remoção de aproximadamente 42 g ou 21% do conteúdo lipídico e, portanto, obteve-se rendimento médio de 158 g do coproduto da castanha-do-pará orgânica (CCPO) com composição química apresentada na Tabela 3.

Tabela 3- Composição química da amêndoa de castanha-do-pará, castanha pré-processada (CPP) e coproduto da castanha-do-pará orgânica (CCPO)¹

Componente	Amêndoa de castanha-do-pará ²	CPP	CCPO
Energia bruta (kcal/kg)	6.765,60±0,18	6335,1±0,2	4.985,00±0,15
Umidade (%)	3,13±0,01	6,28±0,93	8,11±0,44
Proteína bruta (%)	14,29±0,00	25,20±0,23	34,40±0,53
Extrato etéreo (%)	67,30±0,02	50,38±0,21	29,37±0,65
Carboidratos (%)	3,42±0,06	5,85±0,07	8,59±0,05
Fibra bruta (%)	8,02±0,02	7,01±0,02	12,20±0,03
Matéria mineral (%)	3,84±0,01	5,28±0,29	7,33±0,14

¹Os dados da tabela estão expressos em matéria natural representando a média das triplicatas ± desvio-padrão;

²Composição química de acordo com Souza e Menezes (2004).

Comparando-se os percentuais de composição química da amêndoa e dos coprodutos da castanha-do-pará com aqueles citados por Souza e Menezes (2004) observaram-se aumentos dos conteúdos de proteína bruta, carboidratos, fibra bruta, matéria mineral e diminuição de extrato etéreo e energia bruta. O coproduto da castanha-do-pará orgânica (CCPO) apresentou elevação dos componentes nutricionais mais importantes (MEDEIROS et al., 2010) como proteína e os aminoácidos metionina e cisteína, além de minerais como, provavelmente selênio.

O coproduto da castanha-do-pará é menos proteico (34,40 vs. 40,23%) e fibroso (12,20 vs. 15,72%) e mais concentrado em carboidratos (8,59 vs. 3,37%) e energia bruta (498 vs. 400 kcal/100 g) comparados ao coproduto da castanha-do-pará utilizado por Souza & Menezes (2004) no coproduto da castanha-do-pará, entretanto, valores de composição química próximos aos do CCPO foram relatados por Souza et al. (2016) de 35,33% de extrato etéreo, 37,54% de proteína bruta, 7,70% de carboidratos, 9,65% de fibra total e 502 kcal de energia bruta/100 g. Recentemente, Burley & Patterson (2017) descreveram valores de 10,37% de matéria mineral, 7,52% de extrato etéreo, 51,08% de proteína bruta, 2,86% de fibra total e 305 kcal/100 g de energia metabolizável para o coproduto da castanha-do-pará.

As variações de composição química dos diferentes coprodutos da castanha-do-pará são influenciadas pela quantidade de pele da amêndoa ou o tipo de meio de cultura utilizado para aumentar o efeito de compressão e extração do óleo como casca de arroz, além do processamento, especialmente, a força de pressão que pode ser limitada, na maioria dos casos, pela baixa tecnologia do equipamento utilizado.

As energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) do coproduto de castanha-do-pará orgânica de, respectivamente, 3.815 e 3.790 kcal/kg foram superiores ($p \leq 0,05$) ao do milho convencional de 3.353 e 3.295 kcal/kg, do milho orgânico de 3.247 e 3.174 kcal/kg; do farelo de soja convencional de 2.782 e 2.426 kcal/kg e do farelo de soja orgânico de 2.937 e 2.519 kcal/kg (Tabela 4). Entretanto, melhores coeficientes de metabolização da energia bruta foram observados para o milho convencional (93,68%) e milho orgânico (89,13%), comparados ao coproduto da castanha-do-pará orgânica (75,97%) e farelo de soja convencional (65,13%) e farelo de soja orgânico (61,51%).

Burley e Patterson (2017) relataram valor 19,44% menor de EMAn (3.053 kcal/kg) no coproduto da castanha-do-pará e uma possível explicação para esta diferença recai no maior teor de extrato etéreo do coproduto avaliado neste experimento (29,37 vs 7,52%) comparado aquele utilizado pelos autores acima.

Tabela 4 - Valores médios da proteína bruta (PB), energia bruta (EB), energia metabolizável aparente (EMA), e corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) e coeficiente de metabolização da energia bruta (CMEB) dos alimentos testados

Alimento	PB²	EB¹	EMA¹	EMAn¹	CMEB²
Milho convencional	9,30	3.517	3.353±122 ^b	3.295±153 ^b	93,68±4,34 ^a
Milho orgânico	9,52	3.561	3.247±014 ^b	3.174±037 ^b	89,13±1,01 ^a
Farelo de soja convencional	46,16	3.726	2.782±112 ^c	2.426±124 ^c	65,13±3,30 ^c
Farelo de soja orgânico	43,43	4.096	2.937±065 ^c	2.519±076 ^c	61,51±1,86 ^c
Coproduto da castanha-do-pará orgânica	34,40	4.985	3.815±125 ^a	3.790±185 ^a	75,97±4,20 ^b

¹Valores expressos em kcal por kg de matéria natural; ²Valores expressos em (%).

Os valores de EMA e EMAn do milho convencional testados foram superiores aos descritos por Oliveira et al. (2007) trabalhando com codornas japonesas de 31 a 36 dias de idade, que encontraram valores de 3124 e 3122 kcal/kg de EMA e EMAn, respectivamente. Estas diferenças corroboram com as conclusões de Silva et al. (2003) que codornas adultas apresentam maior capacidade de aproveitar a energia do milho comparadas a codornas jovens. Os autores sugeriram que isto ocorre em decorrência de maior capacidade de enchimento e maior tempo de retenção do alimento no trato gastrointestinal de codornas mais velhas, o que induz maior aproveitamento da energia do alimento. Segundo Murakami & Furlan (2002) aos 65 dias de idade o tempo de passagem do milho convencional no trato gastrointestinal de

codornas é de 97,3 minutos, enquanto que em codornas de 22 a 27 dias de idade, a velocidade de trânsito do milho pelo trato gastrointestinal das codornas é mais rápida (63 minutos).

De acordo com Henz et al. (2013), os coeficientes de metabolização da energia bruta relacionam os valores de energia metabolizável com os de energia bruta, sendo que quanto melhor a utilização da energia pelas aves maiores são os coeficientes. O CMEB do milho convencional obtido neste estudo assemelha-se ao encontrado por Moura et al. (2010) de 92,59% em milho convencional com codornas japonesas de 65 dias de idade. Valores superiores a 70%, indicam bom aproveitamento da energia bruta dos alimentos (HENZ et al., 2013).

Não existiu diferença significativa ($p>0,05$) entre os valores de EMAn do milho convencional e orgânico, porém constatou-se perda de 121 kcal/kg de EMAn no milho orgânico (-3,67%) comparado ao convencional. Este resultado é importante do ponto de vista do custo da dieta porque o milho é o principal ingrediente e tem forte influência no preço final dos ovos e da carne das aves. Star et al. (2017) não encontraram diferenças ao comparar a EMAn do milho convencional e orgânico. Entretanto, o valor de EMAn do milho orgânico de 3.174 foi menor que os 3.324 e 3.340 kcal/kg determinados, respectivamente, por Jacob et al. (2008) e Kirkpinar et al. (2014).

Não houve diferença significativa ($p>0,05$) nos valores de EMAn entre os dois tipos de farelo de soja, porém, ao contrário do milho orgânico, o farelo de soja convencional apresentou -93 kcal/kg de EMAn comparado ao farelo de soja orgânico (-3,69%). Os valores obtidos de EMA e EMAn do farelo de soja convencional, são similares aqueles de Silva et al. (2003) que encontraram, respectivamente, valores de 2718 e 2456 kcal/kg para EMA e EMAn para codornas aos 17 dias de idade. Zonta et al. (2004), também estimou valores de 2403 e 2473 kcal/kg de EMAn para duas marcas comerciais de farelo de soja.

Star et al. (2017) encontraram EMA e EMAn do farelo de soja orgânico para galinhas poedeiras respectivamente de 2977 e 2881 kcal/kg de matéria natural. No entanto, Kirkpinar et al. (2014) constaram valores de EMAn de 2732 kcal/kg na matéria natural. Estes resultados são superiores aos observados no presente trabalho e estas variações de resultados podem ser atribuídas as diferenças na composição do farelo de soja orgânico com maior conteúdo óleo e a anatomia e fisiologia do trato gastrointestinal entre as distintas espécies de aves (OLIVEIRA et al. 2007).

O farelo de soja convencional e orgânico apresentaram valores de CMEB semelhantes aos relatos por Moura et al. (2010) de 65,29% para o farelo de soja convencional. Star et al. (2017) também observou valor de 63,36% de CMEB para o farelo de soja orgânico.

4.2 EXPERIMENTO 2 - DESEMPENHO E QUALIDADE DE OVOS DE CODORNAS ALIMENTADAS COM DIETAS ORGÂNICAS E CONVENCIONAIS

Os grupos de codornas alimentados com dietas convencionais suplementadas com DL-Met, L-Met e MHA Ca consumiram mais ração ($p \leq 0,05$) comparados aos grupos de codornas alimentados com dietas orgânicas. Estes resultados corroboram aqueles de Burley & Patterson (2017) com galinhas da linhagem Hy-Line Brown. Resultados semelhantes, também, foram relatados por Rizzi et al. (2006) com galinhas Warren-Isa Brown.

Os menores consumos podem ser atribuídos à deficiência de metionina na dieta orgânica M+FS e o aumento na densidade energética da dieta orgânica com M+FS+CCPO. Embora agindo por causas fisiológicas diversas, ambas as deficiências de metionina da dieta orgânica e o excesso de energia da dieta orgânica suplementada com coproduto da castanha-do-pará orgânica (Tabela 5) podem ter deprimido o consumo das duas dietas. Outro possível fator foi a granulometria mais fina da soja orgânica comparada a convencional. Barreto et al. (2010) comentaram que dietas contendo ingredientes de granulometria fina podem resultar em maior dificuldade de apreensão e deglutição do alimento pelas aves, reduzindo o consumo.

A percentagem de postura (PP), peso (PO) e massa de ovo (MO) foram menores ($p < 0,05$) para o grupo de codornas alimentadas com a dieta contendo milho e farelo de soja orgânico sem suplementação de fonte de metionina. Estes resultados confirmam a afirmação de Jordão Filho et al. (2006), Brumano (2010) e Oliveira (2010) que dietas formuladas com a mistura milho e farelo de soja não atendem completamente as exigências das aves em metionina, o primeiro aminoácido limitante de dietas contendo milho e farelo de soja. Vieira et al. (2016) comprovaram que a suplementação de dietas com redução proteica e maior proporção milho e farelo de soja na mistura com DL-Met alivia a queda no desempenho comparado a um pool de suplementação com lisina, triptofano, treonina e valina.

Os melhores resultados de PP, PO e MO foram observados nos tratamentos com DL-Met e com o coproduto da castanha-do-pará que, no entanto, não diferiram entre si ($p > 0,05$). Os tratamentos com L-Met e Met Hidroxi-Análogo cálcico apresentaram resultados intermediários. Segundo Leeson & Summers (2001) o peso do ovo é influenciado pelo consumo de proteína/aminoácidos, principalmente, metionina. Koreleski et al. (2010) observaram que poedeiras Bovans Brown alimentadas com dieta orgânica deficiente em metionina, apresentaram menores índices de peso e massa de ovos.

Tabela 5 - Desempenho de codornas japonesas alimentadas com dieta orgânica em comparação a dieta convencional¹

Variáveis	Dietas convencionais ²			Dietas orgânicas ²		p-valor
	M+FS+DL Met	M+FS+L Met	M+FS+MHA Ca	M+FS	M+FS+CCPO	
Consumo de ração (g/ave/dia)	28,89±0,49 ^a	28,37±0,66 ^a	28,48±0,90 ^a	26,07±1,01 ^b	25,66±0,71 ^b	<0,0001
Percentagem de postura (%)	95,54±2,39 ^a	90,23±4,78 ^b	90,56±3,90 ^b	82,62±0,81 ^c	94,72±0,86 ^a	<0,0001
Peso de ovo (g)	11,84±0,34 ^a	11,72±0,27 ^a	11,57±0,33 ^{ab}	11,23±0,27 ^b	11,92±0,38 ^a	0,0125
Massa de ovo (g/ave/dia)	10,99±0,94 ^a	10,32±0,92 ^{ab}	10,06±1,07 ^{ab}	9,28±0,25 ^b	11,30±0,38 ^a	0,0014
Conversão alimentar por dúzia de ovo (g/dz)	363,15±13,54 ^a	377,07±18,95 ^a	383,39±28,03 ^a	373,59±11,87 ^a	325,20±10,63 ^b	<0,0001
Conversão alimentar por massa de ovo (g/g)	2,61±0,19 ^a	2,67±0,16 ^a	2,77±0,12 ^a	2,81±0,15 ^a	2,27±0,10 ^b	<0,0001

¹Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK (P>0,05); ² M+FS+DL Met = Milho e Farelo de soja convencional + DL – Metionina; M+FS+L Met = Milho e Farelo de soja convencional + L – Metionina; M+FS+MHA Ca = Milho e Farelo de soja convencional + Metionina Hidroxi análoga cálcica; M+FS = Milho e Farelo de soja orgânico sem fonte adicional de metionina; M+FS ORG +CCPO = Milho e Farelo de soja orgânico + Coproduto da Castanha-do-pará orgânica.

Burley & Patterson (2017) testando o coproduto da castanha-do-pará como fonte de metionina em dieta orgânica de galinhas poedeiras, também não observaram diferença significativa em percentagem de postura e peso de ovo com a dieta contendo ingredientes convencionais suplementada com DL-Met.

A metionina é um dos aminoácidos que tem efeito sobre o peso do ovo, pois a poedeira consome energia para sustentar o número e a metionina para manter o peso dos ovos (Harms, 1999). Neste contexto, o coproduto da castanha-do-pará é fonte natural de L-Met com atividade biológica semelhante a DL-Met e a L-Met sintéticas considerando os resultados dos parâmetros de PP, PO e MO, entretanto a oferta de dieta orgânica sem suplementação de metionina reduz o desempenho das codornas. Estes resultados corroboram a afirmação de Jordão Filho et al. (2006) que a mistura, milho e farelo de soja não atende completamente as necessidades das aves em metionina, o primeiro aminoácido limitante em dietas a base de milho e farelo de soja.

Os resultados para conversão alimentar por massa e por dúzia de ovos foram melhores ($p>0,05$) para o tratamento contendo o coproduto da castanha-do-pará em comparação com os outros tratamentos. Autores como Burley & Patterson (2017) não observaram diferenças significativas no índice de conversão alimentar por dúzia de ovos em galinhas poedeiras alimentadas com dieta convencional com DL-Met e orgânica contendo o coproduto da castanha-do-pará como fonte de metionina. De acordo com Brumano et al. (2010), a metionina, assim como os outros aminoácidos essenciais, é importante para o desempenho produtivo das poedeiras, pois têm relação direta com a produção de ovos, conversão alimentar e eficiência na utilização de nitrogênio.

Os valores de peso de gema foram influenciados ($p<0,05$) pelas dietas (Tabela 6) e pior resultado foi constatado na dieta orgânica não suplementada com fontes de metionina. Resultado semelhante foi observado por Koreleski et al. (2010), com galinhas Bovans Brown alimentadas com diferentes níveis de metionina na dieta orgânica.

O tratamento orgânico suplementado com o coproduto da castanha-do-pará como fonte natural e orgânica de metionina apresentou valores que foram estatisticamente iguais aos obtidos pelos tratamentos que receberam suplementação das fontes sintéticas de metionina. De acordo com Oliveira (2010), o incremento de metionina na dieta eleva a concentração de fosfolipídios totais da gema, o que favorece maior peso de ovo. Comportamento semelhante pode ter ocorrido neste trabalho, pois o peso dos ovos e consequentemente o peso das gemas foram significativamente maiores para os tratamentos que receberam dietas com fontes de metionina sintética e orgânica.

Tabela 6 - Qualidade de ovos de codornas japonesas alimentadas com dietas orgânicas em comparação a dietas convencionais¹

Variáveis	Dietas convencionais ²			Dietas orgânicas ²		p-valor
	M+FS+DL Met	M+FS+L Met	M+FS+MHA Ca	M+FS	M+FS+CCPO	
Gema (g) ²	3,66±0,09 ^a	3,62±0,13 ^a	3,61±0,10 ^a	3,46±0,07 ^b	3,71±0,10 ^a	0,0038
Albúmen (g)	7,18±0,26	7,10±0,01	7,01±0,23	6,86±0,30	7,25±0,26	0,0823
Casca (g)	1,00±0,05 ^a	1,01±0,03 ^a	0,96±0,04 ^a	0,91±0,03 ^b	0,97±0,05 ^a	0,0072
Gema (%)	30,92±0,51	30,85±0,56	31,16±0,46	30,80±0,92	31,09±0,28	0,7842
Albúmen (%)	60,66±0,49	60,57±0,47	60,54±0,40	61,04±1,29	60,78±0,40	0,7263
Casca (%)	8,41±0,14	8,58±0,24	8,30±0,33	8,16±0,42	8,12±0,31	0,0850
Unidade Haugh	91,82±1,47	91,63±1,42	90,63±2,18	91,86±1,03	90,93±3,00	0,7311
Gravidade específica (g/cm ³)	1,0734±0,0014	1,0736±0,0013	1,0734±0,0026	1,0726±0,0014	1,0721±0,0007	0,4176
Espessura de casca (mm)	0,215±0,004	0,213±0,006	0,210±0,009	0,204±0,006	0,206±0,009	0,0742
Coloração	3,76±0,157	3,75±0,189	3,64±0,221	3,84±0,176	3,54±0,167	0,0697

¹ Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK (P>0,05).

² M+FS+DL Met = Milho e Farelo de soja convencional + DL – Metionina; M+FS+L Met = Milho e Farelo de soja convencional + L – Metionina; M+FS+MHA Ca = Milho e Farelo de soja convencional + Metionina Hidroxi análoga cálcica; M+FS = Milho e Farelo de soja orgânico sem fonte adicional de metionina; M+FS ORG +CCPO = Milho e Farelo de soja orgânico + Coproduto da Castanha-do-pará orgânica;

O peso de casca foi inferior no tratamento orgânico sem fonte adicional de metionina quando comparado aos outros tratamentos ($p < 0,05$), portanto, as aves que consumiram ração deficiente em metionina apresentaram ovos com casca mais leves em comparação aos tratamentos que receberam alguma fonte de metionina na dieta (Tabela 6). De acordo com Lemos et al. (2012) o nutriente que mais influência na formação da casca do ovo é o cálcio. No entanto, segundo Sousa (2015) embora contribuindo com menos de 1% do peso da casca, os componentes proteicos têm papel importante na calcificação da casca, participando dos processos essenciais de sustentação e modelagem da estrutura calcária. Além disso, Fraser et al. (1998) mencionaram que a base da casca do ovo consiste em matriz proteica, sendo possível que o aumento no consumo de aminoácidos sulfurosos influencie a síntese de proteínas das membranas da casca, que ajuda a explicar o menor peso da casca observado nos ovos do tratamento orgânico sem fonte adicional de metionina.

Não foram observadas diferenças entre os tratamentos quanto ao peso de albúmen ($p > 0,05$) (Tabela 6). Resultado semelhante foi observado por Hussein & Harms (1994), trabalhando com galinhas Arbor Acres alimentadas com dieta deficiente em metionina. No entanto, esses autores evidenciaram que quando as galinhas receberam dietas deficientes em triptofano ou lisina o peso do albúmen foi reduzido significativamente.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos ($p > 0,05$) para as percentagens de gema, albúmen e casca dos ovos. Burley & Patterson (2017) estudando o coproduto da castanha-do-pará como fonte de metionina em dietas de galinhas poedeiras, também não observaram diferenças significativas no percentual de gema e de albúmen. As semelhanças de peso e percentagem de albúmen podem ser explicadas pela proximidade no nível de proteína bruta das dietas. De acordo com Umigi et al. (2012) níveis similares de proteína bruta não influenciaram peso e percentagem de albúmen dos ovos de codornas japonesas.

Os resultados para gravidade específica e espessura de casca não foram alterados pelos tratamentos ($p > 0,05$). Burley & Patterson (2017) encontraram maiores valores de GE nos ovos das galinhas que receberam a dieta contendo o coproduto da castanha-do-pará como fonte orgânica de metionina. Os resultados encontrados para espessura de casca estão de acordo com os preconizados por Silva et al. (2010) no qual descreveram que a espessura de casca de ovos de codornas em torno de 0,19 a 0,29 mm. A espessura da casca é uma variável importante de aumento da resistência e redução da quebra da casca, e além de dificultar a entrada de microrganismos, mantendo a qualidade interna do ovo (SPADA et al., 2012).

Para Unidade Haugh, não se observou diferença estatística ($p>0,05$) entre os tratamentos (Tabela 6). Ao contrário, Burley & Patterson (2017) observaram melhores Unidade Haugh em ovos de galinhas que receberam dietas com o coproduto de castanha-do-pará como fonte orgânica de metionina. Segundo Santos et al. (2016) maiores valores de unidade Haugh, são compatíveis com melhor qualidade interna do ovo. Koreleski et al. (2010) constataram que ovos de galinhas poedeiras alimentadas com dietas orgânicas “com ou sem” suplementação de metionina sintética apresentam resultados semelhantes de unidade haugh.

A variável cor da gema não foi alterada pelos tratamentos ($p>0,05$), embora a gema dos ovos produzida pelas codornas que receberam a dieta suplementada com o coproduto da castanha-do-pará foi numericamente mais baixa sugerindo que este coproduto tem menor concentração de pigmentos que o farelo de soja.

Contrariando os resultados do presente estudo, Burley & Patterson (2017) observaram que as gemas de cores mais intensas foram observadas nas aves que receberam a suplementação de metionina na forma do coproduto da castanha-do-pará. De acordo com Garcia et al. (2002), em ovos de galinhas, a intensidade de coloração da gema é um critério que influencia a decisão de preferência do consumidor, pois, normalmente, é associada a maior conteúdo de vitaminas. No entanto, a cor da gema dos ovos de codorna é considerada de pouca relevância em virtude do ovo cozido ser a forma preferencial de consumo de ovos de codornas, enquanto os ovos de galinha são submetidos a quebra antes da cocção, fritura ou processamento pela indústria alimentícia (MOURA, et al., 2010).

Os resultados do presente trabalho confirmam o potencial do coproduto da castanha-do-pará como fonte de metionina natural e orgânica na dieta de codornas em substituição as fontes sintéticas deste aminoácido e antecipa uma possível proibição total dessas fontes em dietas de codornas e outras espécies de aves comerciais. Portanto, deve salientar que o surgimento de produtos alternativos, como o avaliado no presente estudo, pode contribuir para valorização do ovo na cadeia de suprimentos de alimentos saudáveis para os consumidores.

5 CONCLUSÃO

- O milho orgânico é 3,67% menos energético que o milho convencional;
- O farelo de soja convencional é mais proteico e menos 3,69% energético que o farelo de soja orgânico;
- O coproduto da castanha-do-pará é ingrediente estratégico para coturnicultura orgânica porque substitui totalmente as fontes sintéticas de metionina em dietas orgânicas de codornas japonesas.

REFERÊNCIAS

- BALBI, M. E.; PENTEADO, P. T. P.; CARDOSO, G.; SOBRAL, M. G.; SOUZA, V. R. **Brazil nut (Berthollide excels): Chemical composition and its health benefits**. Visão Acadêmica, v. 15, n. 2, 2014.
- BARRETO, S. L. T.; MOURA, W. C. O.; REIS, R. S.; HOSODA, L. R.; MAIA, G. V. C.; PENA, G. M. **Soja integral processada em dietas para codornas japonesas em postura**. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa-MG, v. 39, n. 9, p. 1978-1983, 2010.
- BRUMANO, G., GOMES P. C.; DONZELE J. L.; ROSTAGNO H. S.; ROCHA T. C.; MELLO H. H. D., **Níveis de metionina + cistina digestível para poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade**, Revista Brasileira Zootecnia., v.39, n.9, p.1984-1992, 2010.
- BURLEY H, K.; PATTERSON P. H.; ANDERSON K. E., **Alternative ingredients for providing adequate methionine in organic poultry diets in the United States with limited synthetic amino acid use**. World Poultry Science Journal. 71: 493 – 504, 2015.
- BURLEY H. K.; PATTERSON P. H., **Brazil nut meal and spray-dried egg powders as alternatives to synthetic methionine in organic laying hen diets**, Poultry Science v. 96: p. 3994–4005, 2017.
- BURLEY, H. K.; P. H. PATTERSON, K. E.; ANDERSON, P. B. TILLMAN, **Formulation challenges of organic poultry diets with readily available ingredients and limited synthetic methionine**. Journal of Applied Poultry Research. 25: 3: p. 443 – 454, 2016a.
- BURLEY, H.K. PATTERSON, P.H.; ANDERSON, K.E., **Alternative feeding strategies and genetics for providing adequate methionine in organic poultry diets with limited use of synthetic amino acids**. World's Poultry Science Journal, Vol. 72, Issue. 01, p. 168, 2016b
- CARVALHO, G.B., **Níveis e fontes de metionina na nutrição de frangos de corte**. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia (EVZ), Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Goiânia, 2017.
- CASTRO, S.F.; FORTES, B.D.A.; CARVALHO, J.C.C.; BERTECHINI, A.G.; QUEIROZ, L.S.B. E GARCIA JR., A.A.P., **Relação metionina e colina dietética sobre o desempenho de**

codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em postura. *Ciência Animal Brasileira*, 12: 635-641, 2011.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Boletim da Sociobiodiversidade**, v. 1, n. 2, p. 1-62, abr. /maio. /jun. 2017.

DEMATTE FILHO, F.L., PEREIRA, D.C.O., POSSAMAI, E., **Dietary supplementation of alternative methionine and choline sources in the organic broiler production in Brazil.** *Brazilian Journal of Poultry Science* 17, 489–496, 2015.

DIARRA, S. S.; USMAN B. A, **Performance of Laying Hens Fed Graded Levels of Soaked Sesame (*Sesamum indicum*) Seed Meal as a Source of Methionine.** *International Journal of Poultry Science* 7: 323-327, 2008.

FANATICO A., **Organic poultry production: providing adequate methionine.** ATTRA – National Sustainable Agriculture Information, 2010.

FOUTZ J. C., **Performance and molecular parameters of broiler chickens fed diet with or without exogenous source of methionine and raised in organic or conventional production environment**, B.S., Georgia College and State University, 2018.

FOUTZ, J. C; MILFORT, M. C; FULLER, A. L. et al, **Supplementation of diets with Brazil nut powder can meet dietary methionine requirement of organic broiler chickens.** *Organic Agriculture*, 2020.

FRASER, A.C.; BAIN, M.M; SOLOMON, S.E. **Organic protein matrix morphology and distribution in the palisade layer of eggshells sampled at selected periods during lay.** *British Poultry Science.*, v.39, p.225-228, 1998.

FREITAS S. P, FREITAS-SILVA O, MIRANDA I. C, COELHO M. A. Z, **Extração e fracionamento simultâneo do óleo da castanha-do-pará com etanol**, *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 27, p.14-17, 2007.

GARCIA, E. A.; MENDES, A. A.; PIZZOLANTE, C. C.; GONÇALVES, H. C.; OLIVEIRA, R. P.; SILVA, M. A. **Efeitos dos níveis de cantaxantina na dieta sobre o desempenho e**

qualidade dos ovos de poedeiras comerciais. Revista Brasileira de Ciência Avícola, Campinas, v. 4, n. 1, jan./abr. 2002.

HARMS, R.H. **Proteína (aminoácidos) para poedeiras.** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES. Campinas: Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, p.111-122, 1999.

HENZ, J.R., NUNES, R.V., POZZA, P.C., FURLAN, A.C., SCHERER, C., EYNG, C., SILVA, W.T.M. **Valores energéticos de diferentes cultivares de milho para aves.** Semina: Ciências Agrárias, v.34, n.5, p.2403-2414, 2013.

HUSSEIN, S.M.; HARMS, R.H. **Effect of amino acid deficiencies on yolk:albumen ratio in hen eggs.** Journal Applied Poultry Research, v.3, n.4, p.362-366. 1994.

IBGE, **Produção da Extração Vegetal e Silvicultura 2018.** Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

JACOB J. **Synthetic Methionine and Organic Poultry Diets.** Organic Agriculture, 2013.

JACOB, J. P.; LEVENDOSKI, N.; GOLDSTEIN, W., **Inclusion of high methionine corn in pullet diets.** Journal of Applied Poultry Research 17(4):440, 2008.

JORDÃO FILHO, J.; SILVA, J.H.V.; SILVA, E.L. et al. **Exigência nutricionais em metionina + cistina para poedeiras semipesadas do início de produção até o pico de postura.** Revista Brasileira de Zootecnia, v.35, n.3, p.1063-1069, 2006.

KIRKPINAR, F.; ÜNLÜ, H. B.; SERDAROĞLU, M. AND TURP, G. Y. **Effects of dietary oregano and garlic essential oils on carcass characteristics, meat composition, colour, pH and sensory quality of broiler meat.** British Poultry Science. v.55, p.157-166. 2014.

KORELESKI, J.; SWIATKIEWICZ, S. **Effect of methionine and energy level in high protein organic diets fed to laying hens.** Annals of Animal Science, v.10, n.1, p.83-91. 2010.

LEESON, S.; SUMMERS J.D. **Nutrition of the chicken.** 4.ed. Guelph: University Books, 2001. 591p.

Lemos, M. J.; Calixto L. F. L.; Fernandez I. B.; Melo I. A.; Souza D. S., **Peso, percentual e espessura de casca de ovos de codornas japonesas na faixa etária de 6 a 18 semanas.** Revista Acadêmica – Ciências Agrárias e Ambientais, 10(2): 183-188, 2012.

LENNINGHER, A.L. **Princípios de bioquímica.** 2.ed. São Paulo: Sarvier, 1996. 839p

LOCATELLI M; VIEIRA A. H.; GAMA M. M. B.; FERREIRA M. G. R.; MARTINS E. P.; FILHO E. P. S.; SOUZA V. F, MACEDO R. S., **Cultivo da Castanha-do-pará em Rondônia. Sistemas de Produção**, 7 ISSN 1807-1805 Versão Eletrônica junho/2005.

MATTERSON, L.B.; POTTER, L.M.; STURTZ, N.W. et al. **The metabolizable energy of feed ingredients for chickens.** Storrs: The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, 1965. p.3-11. (Research Report, 7).

MEDEIROS, M. J.; OLIVEIRA, P. A. A. C.; SOUZA, J. M. L.; SILVA, R. F.; SOUZA, M. L. **Composição química de misturas de farinhas de banana verde com castanha-do-brasil.** Revista do Instituto Adolfo Lutz, v. 69, n. 3, p. 396-402, 2010.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução Normativa N°. 17 de 18 de junho de 2014. Regulamento técnico para os sistemas orgânicos de produção animal, vegetal**, Instrução Normativa. N°59, Seção 2. P. 4-22. 18 de junho de 2014.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Castanha-do-pará: boas práticas para o extrativismo sustentável orgânico.** Secretaria de Extrativismo e Desenvolvimento Rural Sustentável. Departamento de Extrativismo. – Brasília, DF, 2017.

MOURA A. M. A.; MELO T. V.; MIRANDA, D. J. A. **Utilização da DL metionina e metionina hidroxí-análoga na alimentação de aves.** Boletim de Indústria Animal, v. 67, n. 1, p. 97-107, 2010.

MULLER C. H.; FIGUEIREDO F. J. C.; CARVALHO J. E. U., **Características comparativas entre frutos e sementes de Castanheira-do-Brasil.** Belém: EMBRAPA-CPATU, 1995.

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, 2002. p.113-120

OLIVEIRA, A. **Qual a importância da metionina para poedeiras comerciais e como trabalhar adequadamente com as fontes industriais deste aminoácido?** Informe Técnico-Empresarial, 2010.

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.** Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v.59, p.210-217, 2007.

PINTO, R. et al. **Exigência de metionina mais cistina para codornas japonesas em postura.** Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa v.32, n.5, p.1166-1173, 2003.

RAMA RAO, S.V.; RAJU, M.V.L.N.; PANDA, A.K.; REDDY, M.R. **Sunflower seed meal as a substitute for soybean meal in commercial broiler chicken diets.** British Poultry Science, 47(5), 592–598, 2006.

RIZZI, L.; SIMIOLI, M.; MARTELLI, G. et al. **Effects of organic farming on egg quality and welfare of laying hens.** 12th European Poultry Conference, Verona, Italy, 10-14 September 2006.

ROSTAGNO HS, ALBINO LFT, DONZELE JL, GOMES PC, OLIVEIRA RF, LOPES DC, FERREIRA AS, BARRETO SLT, EUCLIDES RF. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** Viçosa, MG; Universidade Federal de Viçosa, 252p, 2011.

SÁ C. P.; BAYMA M.M.A.; WADT L. H. O., **Coeficientes técnicos, custo e rentabilidade para a coleta de castanha-do-pará no Estado do Acre: sistema de produção melhorado.** Rio Branco, AC: EMBRAPA Acre. Comunicado técnico, 168, 2008.

SANTOS O. V.; LOPES A. S.; AZEVEDO G. O.; SANTOS A. G.; **Processing of Brazil-nut flour: characterization, thermal and morphological analysis.** Ciência e tecnologia de alimentos., vol.30 supl.1, Campinas May 2010.

SANTOS V. R., **A qualidade e a estabilidade do óleo da castanha-do-pará (*Bertolletia excelsa*) dependem do método de obtenção**, Dissertação mestrado – Rio de Janeiro, UFRJ, p. 80, 2013.

SANTOS, J. S.; Maciel, L. G.; Seixá, V. N. C.; Araújo, J. A. **Parâmetros avaliativos da qualidade física de ovos de codornas (*Coturnix 1515 coturnix japônica*) em função das características de armazenamento**. Desafios - Revista, Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins, v. 3, n. 1, p. 54–67, 2016.

SAS Institute Inc., **SAS Online Doc®**. Version 8, Cary, NC: SAS Institute Inc. 2003.

SIBBALD, I.R.; SLINGER, S.J. **A biological assay for metabolizable energy in poultry feed ingredients together with findings which demonstrate some of the problems associated with the evaluation of fats**. Poultry Science, v.42, n.2, p.313-325,1963.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.

SILVA, J.D.T.; GRAVENA, R.A.; MARQUES, R.H.; SILVA, V.K.; HADA, F.H.; MORAES, V.M.B.; MALHEIROS, R.D. **Effect of passionflower in diets of Japanese quails rearing and laying periods**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.39, n.7, p.1530-1537, 2010.

SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P. **Tabelas para Codornas Japonesas e Europeias**. 2ª ed. Jaboticabal - SP: FUNEP, 2009. 110p.

SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; LIMA, R.B. **Digestão e absorção das proteínas**. In: SAKAMOURA, N.K.; SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; FERNANDES, J.B.K.; HAUSCHILD, L. Nutrição de não ruminantes. Jaboticabal: Funep-Unesp; 2014. cap. 4, p. 95-109.

SILVA, J.H.V.; SILVA, M.B.; SILVA, E.L. et al. **Energia metabolizável de ingredientes determinada com codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*)**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.32, supl.2, p.1912-1918, 2003.

SOUSA, N. A. P., **Exigência e biodisponibilidades da metionina para galinhas poedeiras**. Tese (Doutorado) - Curso de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

SOUZA A. L. G., FERREIRA M. C. R., CORRÊA N. C. F., SANTOS O. V., **Aproveitamento dos resíduos de extração de óleo da castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa*) em produtos alimentícios ricos em proteínas, lipídios e fibras**, Revista Pan-Amazônica de Saúde, p. 21-30, 2016.

SOUZA, H. B. A.; SOUZA, P. A.; BROGNONI, E.; ROCHA, O. E. **Influência da idade sobre a qualidade dos ovos**. Científica, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 217-226, 1994.

SOUZA, M. L.; MENEZES, H. C. **Processamento de amêndoa e torta de castanha-do-pará e farinha de mandioca: parâmetros de qualidade**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 24, n. 1, p. 120-128, 2004.

SOUZA, M. L.; MENEZES, H. C., **Otimização do processo de extrusão termoplástica da mistura castanha do Brasil com farinha de mandioca**. Ciência e Tecnologia de Alimentos., Campinas, 28 3: 659-667, julho-setembro. 2008.

SOUZA, V.A.B.; CARVALHO, M.G.; SANTOS, K.S.; FERREIRA, C. da S. **Características físicas de frutos e amêndoas e características química nutricionais de amêndoas de acessos de sapucaia**. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.30, n.4, p.946-952, 2008.

SPADA, F.P.; BRAZACA, S.G.C.; COELHO, A.D.; SAVINO V.J.M.; FRANÇA, L.C.; CORRER, E.; MARTINS, E.; FISCHER, F. S.; LEMES, D.E.A.; **Adição de carotenoides naturais e artificiais na alimentação de galinhas poedeiras: efeitos na qualidade de ovos frescos e armazenados**. Ciência Rural, Santa Maria, v.42, n.2, p.346-353, fev., 2012.

STAR, L.; KWAKERNAAK, C.; **Digestibility of Conventional and Organic Feedstuffs in Laying Hens**. Schothorst Feed Research, dez, 2017.

UMIGI, R. T.; BARRETO, S. L. T.; REIS, R. S.; MESQUITA FILHO, R. M. ARAÚJO, M. S. **Níveis de treonina digestível para codornas japonesas na fase de produção**. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.64, p.658-664, 2012.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA), **National organic program; amendment to the national list of allowed and prohibited substances (livestock)** vol Federal Register, 2012.

VAN KRIMPEN M. M.; LEENSTRA F.; MAURER V.; BESTMAN M., **How to fulfill EU requirements to feed organic laying hens 100% organic ingredients.** Journal of Applied Poultry Research, 2015.

VIEIRA, D. V. G.; MELO, T. S.; SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P.; CAVALCANTE, D. T.; LIMA, M. R.; CONTI, A. C. M. et al. **Order of amino acid inclusion in the diet of DeKalb White laying hens.** Semina: Ciências Agrárias, 37(3), 1539–1550, 2016.

WADT, L.H.; KAINER, K.A. **Domesticação e melhoramento de castanheira. In Domesticação e Melhoramento - Espécies Amazônicas;** Editora da Universidade Federal de Viçosa: Viçosa, Minas Gerais, Brazil, p. 297-318, 2009.

ZONTA, M.C.M.; RODRIGUES, P.B.; ZONTA, A. et al. **Energia metabolizável de ingredientes proteicos determinada pelo método de coleta total e por equações de predição.** Ciência e Agrotecnologia, v.28, n.6, p.1400-1407, 2004.