

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL – PPGCA

MARCOS JOSÉ MIGLIORINI

CANOLA INTEGRAL MOÍDA NA DIETA DE CODORNAS DE POSTURA

LAGES

2021

MARCOS JOSÉ MIGLIORINI

CANOLA INTEGRAL MOÍDA NA DIETA DE CODORNAS DE POSTURA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de doutor em Ciência Animal, área de concentração em Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Clóvis Eliseu Gewehr

LAGES

2021

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UEDESC,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Migliorini, Marcos José

Canola integral moída na dieta de codornas de postura / Marcos
José Migliorini. -- 2021.
65 p.

Orientador: Clóvis Eliseu Gewehr

Tese (doutorado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina,
Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação
em Ciência Animal, Lages, 2021.

1. Ácidos graxos poli-insaturados. 2. Alimentos alternativos. 3.
Oleaginosa. 4. Peroxidação lipídica. 5. Alfa-linolênico. I. Gewehr,
Clóvis Eliseu. II. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro
de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Ciência Animal. III. Título.

MARCOS JOSÉ MIGLIORINI

CANOLA INTEGRAL MOÍDA NA DIETA DE CODORNAS DE POSTURA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de doutor em Ciência Animal, área de concentração em Produção Animal.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Clóvis Eliseu Gewehr

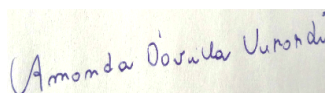
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

Membros:



Dra. Aline Félix Schneider Bedin

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC



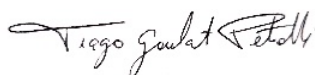
Dra. Amanda D Avila Verardi

Instituto Federal Catarinense - IFC



Dr. João Dionísio Henn

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA



Dr. Tiago Goulart Petrolli

Universidade do Oeste de Santa Catarina - UNOESC

Lages, 26 de fevereiro de 2021

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida e saúde.

Ao meu orientador Prof. Clóvis Eliseu Gewehr pela oportunidade e apoio profissional.

Aos todos os professores da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) que colaboraram em alguma etapa desta formação e projeto.

À FUMDES/UNIEDU pela concessão de bolsa e as empresas Vicami codornas e Celena alimentos pela contribuição.

À Fundação Instituto de Apoio ao Ensino Pesquisa e Extensão do CAV (FIEPE-CAV) pelo auxílio financeiro no projeto e a UDESC pela estrutura e laboratórios.

Aos bolsistas do setor de Avicultura-CAV pela ajuda, aos colegas e amigos que participaram de diferentes maneiras e a todos que contribuíram e colaboraram.

Muito obrigado!

RESUMO

A canola integral é considerada uma potencial fonte alternativa de energia e proteína para dietas de codornas, devido a composição de gordura e proteína. A composição de ácidos graxos poli-insaturados (AGP's) da canola visa melhorar a qualidade do perfil lipídico de ovos para o consumo humano. O aumento do valor nutricional de ovos, se deve à redução de ácidos graxos saturados e aumento na quantidade de AGP's ômega-3 (ω -3) com a adição de canola na dieta. Diante disso, esse estudo teve como objetivo determinar a energia metabolizável da canola integral moída e avaliar os efeitos da inclusão na dieta de codornas sobre o desempenho e qualidade de ovos. Um ensaio foi conduzido com 240 codornas (*Coturnix coturnix japonica*) para determinar os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) da canola. A canola em estudo apresentou 4.785 e 4.310kcal/kg de EMA e EMAn respectivamente para codornas. O segundo ensaio foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos da canola na dieta sobre o desempenho produtivo e qualidade de ovos. Foram utilizadas 420 codornas fêmeas com 180 dias de idade, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e sete repetições com 12 aves por unidade experimental. Os tratamentos consistiram em: controle (0%) e 10, 20, 30 e 40% de inclusão de canola integral moída na dieta. O período experimental teve duração de 112 dias divididos em quatro ciclos de 28 dias. O nível de canola de 10% não diferiu significativamente do grupo controle (0%) ($P>0,05$). Na qualidade de ovos frescos verificou-se aumento de cor da gema e maior intensidade de a^* (vermelho) e b^* (amarelo) na gema em todos os grupos com canola na dieta. Houve redução do nível de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS; $P<0,05$) na gema de ovos frescos de todos os grupos que receberam canola na dieta. No perfil de ácidos graxos e lipídeos totais dos ovos de codornas, houve significativa redução dos níveis de ácidos graxos saturados e aumento de monoinsaturados e poli-insaturados de acordo com os níveis de canola ($P<0,05$). Os parâmetros bioquímicos séricos foram significativamente ($P>0,05$) afetados pelo nível de canola na dieta. Houve redução de colesterol no grupo com 30% e triglicerídeos no grupo com 10%, enquanto a ALT aumentou nos grupos com 30 e 40% de canola na dieta. A inclusão de até 10% de canola na dieta de codornas, manteve o desempenho produtivo e qualidade de ovos frescos com aumento da cor, menor oxidação e enriquecimento com AGP's ω -3.

Palavras-Chave: Ácidos graxos poli-insaturados. Alimentos alternativos. Oleaginosa. Peroxidação lipídica. α -linolênico. Codorna. Avicultura. *Coturnix coturnix japonica*.

ABSTRACT

Whole canola is considered a potential alternative source of energy and protein for quail diets, due to the composition of fat and protein. The composition of polyunsaturated fatty acids (PUFAs) in canola aims to improve the quality of the lipid profile of eggs for human consumption. The increase in the nutritional value of eggs is due to the reduction of saturated fatty acids and an increase in the amount of PUFAs in the omega-3 (ω -3) with the addition of canola in the diet. Therefore, this study aimed to determine the metabolizable energy of ground whole canola and to evaluate the effects of including quails in the diet on the performance and quality of eggs. An assay was conducted with 240 quails (*Coturnix coturnix japonica*) to determine the apparent metabolizable energy (AME) and apparent metabolizable energy corrected by the canola nitrogen balance (AMEn). The studied canola presented 4.785 and 4.310kcal / kg of AME and AMEn respectively for quails. The second trial was conducted with the objective of evaluating the effects of canola in the diet on the productive performance and quality of eggs. A total of four hundred 180-day-old female quails were used, distributed in a completely randomized design with five treatments and seven replications with 12 birds per experimental unit. The treatments consisted of: control (0%) and 10, 20, 30 and 40% of inclusion of ground whole canola in the diet. The experimental period lasted 112 days divided into four 28-day cycles. The 10% canola level did not differ significantly from the control group (0%) ($P>0.05$). The quality of fresh eggs showed an increase in the color of the yolk and a higher intensity of a^* (red) and b^* (yellow) in the yolk in all groups with canola in the diet. There was a reduction in the level of substances reactive to thiobarbituric acid (TBARS; $P<0.05$) in the fresh egg yolk of all groups that received canola in the diet. In the fatty acid and total lipid profile of quail eggs, there was a significant reduction in the levels of saturated fatty acids and an increase in monounsaturated and polyunsaturated acids according to the levels of canola ($P<0.05$). The serum biochemical parameters were significantly ($P>0.05$) affected by the level of canola in the diet. There was a reduction in cholesterol in the group with 30% and triglycerides in the group with 10%, while ALT increased in the groups with 30 and 40% of canola in the diet. The inclusion of up to 10% of canola in the quail diet, maintained the productive performance and quality of fresh eggs with increased color, less oxidation and enrichment with PUFAs ω -3.

Keywords: Polyunsaturated fatty acids. Alternative foods. Oilseed. Lipid peroxidation. α -linolenic. Quail. Poultry. *Japanese coturnix coturnix*.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição da dieta basal para codornas na fase de postura.	24
Tabela 2 - Diâmetro geométrico médio (DGM) e desvio padrão geométrico (DPG) da canola integral moída, dieta basal e dieta teste para codornas.	25
Tabela 3 – Ingredientes e composição das dietas utilizadas para codornas em postura com níveis de 0, 10, 20, 30 e 40% de canola integral moída.	28
Tabela 4 – Níveis de ácidos graxos e lipídeos totais da canola integral moída adicionada nas dietas experimentais de codornas.....	29
Tabela 5 - Composição analisada de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e energia bruta (EB) e valores de energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMn) e o coeficiente de metabolizabilidade aparente da EMA (CMEMA), EMAn (CMEMAn), matéria seca (CMMS), proteína bruta (CMPB) e extrato etéreo (CMEE) da canola integral moída.	34
Tabela 6 – Perfil de ácidos graxos e lipídeos das dietas de codornas com diferentes níveis de 10, 20, 30 e 40% de canola integral moída na dieta.	38
Tabela 7 – Valores médios para consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA), taxa de postura (TP), peso do ovo (PO) e massa de ovo (MO) de codornas alimentadas com diferentes níveis de 0, 10, 20, 30 e 40% de canola integral moída na dieta.	42
Tabela 8 – Valores médios obtidos para gravidade específica (GE:g/cm ³), unidade haugh (UH), índice gema (IG), pH da gema (pH-G), pH do albúmen (pH-A), porcentagem de gema (PG:%), porcentagem de casca (PC:%), porcentagem de albúmen (PA:%), espessura de casca (EC:mm), resistência da casca (RC:kgf), cor de gema (CG), luminosidade (L), intensidade de vermelho (a), intensidade de amarelo (b) e substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS:mg MDA/kg gema) de ovos frescos de codornas com diferentes níveis de 0, 10, 20, 30 e 40% de canola integral moída na dieta.	46
Tabela 9 – Perfil de ácidos graxos e lipídeos de ovos inteiros de codornas com diferentes níveis de 0, 10, 20, 30 e 40% de canola integral moída na dieta.....	50
Tabela 10 – Níveis séricos de proteína total, albumina, globulina, colesterol, triglicerídeos e alanina aminotransferase (ALT) em codornas com diferentes níveis de 0, 10, 20, 30 e 40% de canola integral moída na dieta.	56

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	12
1.2	JUSTIFICATIVA	13
1.3	OBJETIVOS	15
1.3.1	Objetivo Geral	15
1.3.2	Objetivos Específicos	15
1.4	HIPÓTESES	15
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	16
2.1	Produção de codornas.....	16
2.2	Origem da canola.....	16
2.3	Produção de canola no Brasil	17
2.4	Aspectos nutricionais da canola	18
2.5	Utilização de canola na alimentação de aves.....	19
2.6	Qualidade de ovos de codornas	21
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1	Ensaio de digestibilidade da canola.....	23
3.1.1	Período pré-experimental	23
3.1.2	Caracterização da origem da canola	23
3.1.3	Delineamento experimental.....	23
3.1.4	Análises de amostras	25
3.1.5	Cálculos de EMA e EMAn e coeficientes de metabolizabilidade.....	26
3.2	Ensaio de desempenho e qualidade de ovos.....	26
3.2.1	Aves, Instalações e Período experimental	27
3.2.2	Delineamento Experimental	27
3.2.3	Desempenho produtivo.....	30
3.2.4	Características físicas e químicas dos ovos	30
3.2.5	Perfil de ácidos graxos.....	31
3.2.6	Níveis de TBARS	32
3.2.7	Análises sanguíneas	32
3.2.8	Análise estatística	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1	Ensaio de digestibilidade	33

4.1.1	Composição nutricional da canola e EMA e EMAn	33
4.2	Ensaio de desempenho e qualidade de ovos.....	36
4.2.1	Perfil de ácidos graxos da canola e das dietas	36
4.2.2	Desempenho produtivo.....	40
4.2.3	Composição química do ovo	44
4.2.4	Status antioxidante do ovo.....	45
4.2.5	Perfil de ácidos graxos no ovo.....	49
4.2.6	Análises sanguíneas.....	55
5	CONCLUSÕES	58
	REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

A coturnicultura caracterizada pela criação de codornas tem despertado interesse de produtores, empresas e pesquisadores para produção de ovos e carne, por exigir menores investimentos e mão-de-obra comparada a outras culturas. A atividade é desenvolvida por pequenos, médios e grandes produtores para atender o mercado de ovos no Brasil. O consumo aumenta devido as mudanças de hábitos dos consumidores, aumento do poder aquisitivo, conhecimento da qualidade e alto valor nutritivo do ovo, comercializado tanto *in natura* como processado em conserva (PASTORE et al., 2012).

Os principais fatores que contribuem com a criação de codornas são o rápido crescimento, maturidade sexual precoce, alta produtividade (média de 300 ovos/ano), grande número de aves em pequenos espaços (320 a 400 aves/m²), longevidade na produção (14 a 18 meses), baixo investimento inicial e rápido retorno financeiro (ADEOTI; BARUWA, 2019).

A produção brasileira de ovos de codorna em 2016 foi de 273,30 milhões de dúzias, com destaque para a região sudeste (68,3%), onde o estado de São Paulo é o maior produtor (30,4%) e a região sul (8,0%) com crescimento expressivo (IBGE, 2017). O Brasil ocupa o segundo lugar como maior produtor mundial de ovos de codornas. O crescimento nas diversas regiões do país se deve a automatizada e novas formas de comercialização do ovo *in natura* ou em conserva (VERAS et al., 2019).

O ovo de codorna pesa em média 10g e contém 15,8 calorias, 74,6% de água, 13,1% de proteína, 11,2% de gordura e 1,1% de cinzas. É rico em vitamina D e antioxidantes que melhoram a qualidade em termos de cor, oxidação, estabilidade e propriedades de armazenamento (ADEOTI; BARUWA, 2019).

A produção e qualidade de ovos depende diretamente dos alimentos que compõem a alimentação das aves. O milho e farelo de soja são os principais alimentos utilizados nas dietas, que apesar de serem produzidos em larga escala no país, são considerados *commodities* que apresentam variações nos custos (SILVA et al., 2012).

O aumento da produção de aves e a pressão que ela exerce sobre as fontes de proteína convencionais, têm impulsionado a necessidade de investigar fontes de proteína produzidas localmente como uma alternativa econômica (BREYTENBACH, 2005). A indústria crescente de aves enfrenta um desafio com o aumento constante nos preços e as quantidades restritas de ingredientes com alta qualidade (ABDEL-MONEIM et al., 2020).

Diante deste cenário, a busca por ingredientes alternativos que podem substituir parcialmente estes alimentos nas dietas cresce frequentemente, a fim de reduzir os custos e/ou

melhorar o desempenho das aves (SAKI et al., 2017). De outra perspectiva, nos últimos anos, fontes de óleo ou gordura são incluídas nas dietas de aves para melhorar o processamento, a fim de fornecer energia e ácidos graxos essenciais, além de melhorar a absorção de vitaminas lipossolúveis (ABDEL-MONEIM et al., 2020).

A nutrição é um dos principais fatores que impacta na expansão da produção avícola, devido à elevação constante nos preços dos ingredientes convencionais (milho e soja), o que impulsiona os nutricionistas de aves a pesquisa de alimentos alternativos de alta qualidade e baixo custo (IBRAHIM et al., 2020).

A partir da inclusão de ingredientes na dieta, os desafios são manter o desempenho e reduzir os custos com perspectiva de maximizar o lucro para os coturnicultores (ALBINO & BARRETO, 2003). Os pesquisadores têm se preocupado nos últimos anos em encontrar soluções para a alimentação de aves que suportem o alto desempenho e reduzem os custos das dietas (SAKI et al., 2017). Assim os custos das dietas para animais monogástricos pode ser reduzido, utilizando-se alimentos alternativos produzidos localmente, como a canola (BRAND et al., 2019).

A canola é uma oleaginosa de inverno da família das crucíferas, desenvolvida a partir do melhoramento genético da colza do género *Brassica spp.* (MARCHIORI JR et al., 2002; ESTEVEZ et al., 2014), onde reduziu fatores antinutricionais com menos que 2% do total de ácidos graxos, em ácido erúico e menos que 30 $\mu\text{mol/g}$ de MS em glucosinolatos (ALJUOBORI et al., 2016; BELL, 1993; KHAJALI & SLOMINSKI, 2012).

No Brasil, o cultivo da canola cresce como uma das melhores alternativas para diversificação de culturas de inverno e produção de grãos na entressafra, principalmente na região sul (MORI et al., 2014). Essa elevação na produção de canola aumentou o acesso a grãos com padrões de qualidade diferentes na composição do óleo, mas que ainda atendem parcialmente a energia e proteína em rações para aves (ABDEL-MONEIM et al., 2020).

Assim, além de uma alternativa agrícola, a composição da canola de ácidos graxos poli-insaturados (AGP's) como o ácido α -linolênico (C18:3n3), possibilita sua utilização como fonte de ácidos graxos ômega (ω -3) na dieta (KAKANI et al., 2012; LEE; QI; SIM, 1995). Segundo Milinsk et al. (2003), a canola é a segunda oleaginosa depois da linhaça, fonte de óleo, que nas dietas de aves permite a redução de ácidos graxos saturados (AGS's) e aumento nos AGP's na gema de ovos, um importante benefício nutricional para alimentação humana.

O enriquecimento de ovos com AGP's, principalmente o ácido graxo ω -3, tem chamado a atenção de pesquisadores e da indústria alimentícia, pois estes são considerados essenciais para o desenvolvimento normal do organismo humano e desempenham um papel importante na

prevenção de doenças cardíacas, diabetes, artrite, condições inflamatórias e autoimunes e até mesmo o câncer (FAITARONE et al., 2013).

Contudo, são poucos trabalhos que descrevem resultados do uso de canola na dieta de codornas, o que evidencia para a necessidade de pesquisas. A canola não é adicionada na dieta de aves, pois é processada para a extração do óleo em uso na alimentação humana. No entanto com 40% de óleo e 20 a 22% de proteína, poderia ser uma fonte alternativa de energia metabolizável (EM) e proteína bruta (PB) em dieta de aves (MENG et al., 2006; NAJIB; AL-KHATEEB, 2004).

Além disso o uso mais efetivo do farelo de canola na dieta de aves é limitado devido ao baixo valor de EM disponível (ALJUOBORI et al., 2016). Assim, este estudo visa contribuir com informações sobre a utilização da canola nas dietas, por meio da avaliação da composição nutricional, desempenho produtivo e qualidade de ovos de codornas.

1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Os pesquisadores têm se preocupado, nos últimos anos em encontrar alimentos para uso nas dietas de aves que suportem o elevado desempenho e estejam aliados ao baixo custo (CIURESCU et al., 2009). A canola apresenta uma composição média de 94,63% de matéria seca (MS), 20,36% de proteína bruta (PB), 48,77% de extrato etéreo (EE), 0,96% de matéria mineral (MM), 17,9% de fibra em detergente ácido (FDA), 17,93% de fibra em detergente neutro (FDN) e 6.556 kcal/kg de energia bruta (EB) (ASSADI et al., 2011).

O nível de EB é elevado, o que se deve ao alto teor de óleo, porém é apenas um demonstrativo do potencial nutritivo, pois o mais importante na nutrição de aves é a energia metabolizável (EM) (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016). Embora a canola apresente bons valores bromatológicos, o valor da EM para codornas ainda não foi estabelecido.

O valor de energia das dietas é influenciado pelo conteúdo de fibra bruta (FB), PB e EE, o qual depende da variabilidade dos ingredientes, do processamento, da espécie e idade animal, assim como do método utilizado para avaliar (BELL, 1993).

O conhecimento do valor energético dos alimentos é de fundamental importância nutricional e econômica para a formulação de dietas que buscam bons resultados no desempenho dos animais. A energia contribui com cerca de 70% do custo total das dietas de aves, assim determinar o nível de energia de uma ração ou alimento é provavelmente a decisão mais importante a ser tomada para a formulação de dietas (FOULADI et al., 2008).

O tamanho reduzido do grão de canola e a composição da casca limita a utilização dos nutrientes, porém a moagem visa romper o tecido estrutural de parede celular, e possibilitar o aproveitamento dos nutrientes pelos animais não ruminantes, que possuem relativa incapacidade de digestão de polissacarídeos não amiláceos (JIA et al., 2008; MENG et al., 2006).

A necessidade de equipamentos adaptados ao tamanho do grão, ausência de padrão de moagem, variação no conteúdo energético, além da ausência de resultados consistentes sobre o nível ótimo de inclusão de canola nas dietas, impedem sua plena aceitação como uma das principais fontes de proteína e energia para dieta de aves. Assim sendo, busca-se investigar o valor da EM da canola, assim como o melhor nível de inclusão nas dietas de codornas que mantenha o desempenho produtivo e melhora a qualidade dos ovos.

1.2 JUSTIFICATIVA

A propriedade dos nutrientes em fornecer energia durante o metabolismo da dieta, além de interferir diretamente no desempenho das aves, também é um dos elementos que mais onera nos custos da dieta. Assim, o conhecimento do valor energético é de fundamental importância nutricional e econômica, pois além de otimizar o desempenho produtivo das aves, reduz os custos com a dieta.

A alimentação representa mais de 70% dos custos totais de produção e, portanto, influencia muito na rentabilidade da atividade e acessibilidade dos consumidores aos alimentos de origem animal. Portanto, alimentos alternativos como a canola, fonte de energia e proteína disponível na entressafra, devem ser estudados e utilizados como estratégias para se obter bons resultados em desempenho produtivo e retorno financeiro (SAKI et al., 2017).

A possibilidade de utilizar oleaginosas na dieta de aves tem despertado o interesse crescente da indústria de rações de aves (ASSADI et al., 2011; MENG et al., 2006). Os principais componentes da dieta são energia e proteína e o consumo depende principalmente do teor de EM, além da idade das aves, status reprodutivo e temperatura ambiente (HAMEED; AHMAD; RABBANI, 2002).

A canola não é normalmente utilizada nas dietas de codornas, porém é considerada uma fonte alternativa de energia e proteína, quando economicamente viável, com uma composição de 40 a 42% de óleo, fonte de AGPs e 21% à 22% de PB (AGAH et al., 2010; ASSADI et al., 2011; KAKANI et al., 2012; NWOKOLO; SIM, 1989; RUTKOWSKI et al., 2012). A composição de ácidos graxos presentes na gema do ovo pode ser modificada através de fontes

lipídicas, como óleos vegetais adicionados na alimentação de aves (OLIVEIRA et al., 2010). Portanto, ovos enriquecidos com AGP's podem ser usados para aumentar o conteúdo de ω -3 na dieta humana (NAIN et al., 2012).

Os subprodutos do processamento da canola são utilizados nas dietas de aves, de acordo com os custos e disponibilidade (TALEBALI; FARZINPOUR, 2005). Destes o óleo de canola é uma excelente fonte de ácidos graxos com baixo nível de gordura saturada e o farelo de canola contém proteína com excelente composição de aminoácidos (RAHMAN; MCVETTY, 2011).

No entanto, ao dispensar o processo industrial de extração do óleo e processamento do farelo, permitiria ao produtor de canola, evitar o custo correspondente ao processamento e evitaria impostos incidentes sobre a comercialização, frete, e despesas associadas à intermediação na comercialização. E assim para alimentação de aves, apenas a moagem seria necessária, para aproveitar o benefício nutricional da canola, fonte de proteína e energia (BREYTENBACH, 2005).

Na busca de melhorar a qualidade de alimentos de origem animal, um dos assuntos relevantes da atualidade é a tentativa de melhorar a qualidade do ovo, mais especificamente o perfil lipídico da gema para o consumo humano (ROWGHANI et al., 2007). O aumento do valor nutricional do ovo, com a inclusão de canola na alimentação de aves, pode resultar em um perfil lipídico mais saudável, devido à redução de ácidos graxos saturados (AGS's) e aumento de AGPs como os ácidos graxos ω -3 (AGAH et al., 2010).

Os ácidos graxos são componentes lipídicos considerados essenciais por não serem sintetizados no corpo humano, com importantes funções nas membranas celulares e nos processos metabólicos (MARTIN et al., 2006). A possibilidade de enriquecer os ovos com AGP's visa aumentar o teor destes na dieta humana (NAIN et al., 2012), o que é possível através do fornecimento de fontes ricas destes na dieta de aves (CEDRO et al., 2010). A modificação dos ácidos graxos da dieta de aves promove alterações semelhantes na gema do ovo e até mesmo no plasma sanguíneo (PITA et al., 2006; YALÇIN; ÜNAL, 2010).

Estudos realizados com galinhas poedeiras confirmaram que o ácido α -linolênico do óleo de canola, pode ser convertido em ácidos de cadeia mais longa, como o eicosapentaenóico (EPA, C20:5n3), o docosapentaenóico (DPA, C22:5n3) e o docosahexaenóico (DHA, C22:6n3), através de alongamento e dessaturação, enriquecendo assim a gema do ovo com ácidos graxos ω -3 (CHERIAN; SIM, 1991). Assim, diante dos bons resultados atribuídos a composição da canola, estes poderiam ser evidenciados com o uso da canola na dieta de codornas, com o desafio de manter o desempenho produtivo e melhorar principalmente a qualidade dos ovos.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

- Avaliar a energia metabolizável da canola na alimentação de codornas e determinar o melhor nível de inclusão embasado nos efeitos sobre o desempenho produtivo e qualidade de ovos.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar os valores de EM aparente (EMA) e EM aparente corrigido pelo balanço de nitrogênio (EMAn) de canola para dietas de codornas;
- Determinar os coeficientes de metabolizabilidade (CM) aparente da EMA (CMEMA), EMAn (CMEMAn) MS (CMMS), EB (CMEB), EE (CMEE) e PB (CMPB) da canola na dieta para codornas;
- Verificar o efeito da adição da canola na dieta sobre os parâmetros de desempenho zootécnico: consumo de ração, conversão alimentar, porcentagem de postura e massa de ovos;
- Avaliar os benefícios da canola sobre parâmetros de qualidade dos ovos frescos e armazenados e perfil de ácidos graxos dos ovos;
- Verificar a influência da canola sobre os parâmetros bioquímicos séricos.

1.4 HIPÓTESES

- Û Há um nível ótimo de inclusão de canola na dieta de codornas sem prejuízos sobre o desempenho produtivo e qualidade de ovos;
- Û A canola na dieta de codornas mantém o desempenho produtivo e a qualidade de ovos;
- Û A adição de canola na dieta de codornas melhora o perfil lipídico de ovos de codornas;
- Û A canola na dieta de codornas não altera os parâmetros bioquímicos séricos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Nesta sessão é apresentada a revisão bibliográfica sobre a canola na alimentação de codornas em fase de postura, com as bases teóricas necessárias e empregadas para dar fundamentação ao assunto em pesquisa.

2.1 PRODUÇÃO DE CODORNAS

As codornas são aves originárias do norte da África, da Europa e da Ásia, pertencendo à ordem dos galináceos, família dos Fasianídeos (*Fasianidae*), sub-família dos *Perdicionidae*, gênero *coturnix* e espécie *coturnix*. Os japoneses, a partir de 1910, iniciaram estudos e cruzamentos entre as codornas, provindas da Europa e espécies selvagens, obtendo-se, assim, um tipo domesticado, que passou a se chamar *Coturnix coturnix japônica* (PINTO et al., 2002).

A codorna japonesa é uma espécie doméstica, explorada para produção de ovos, enquanto a codorna européia (*Coturnix coturnix*) é destinada para produção de carne (ALBINO & BARRETO, 2003). No Brasil, a codorna japonesa foi introduzida na década de 50 através de imigrantes, que importavam as aves da Europa. Desde então, a atividade passou a ter grande importância econômica, e em 2011 o Brasil já era considerado o segundo maior produtor mundial de ovos de codornas, aliado ao surgimento de criações automatizadas e tecnificadas e novas formas de comercialização dos ovos (SILVA et al., 2012).

Vários fatores contribuíram para o aumento na produção de codornas, incluindo o crescimento rápido, a maturidade sexual precoce, a alta produtividade, a pequena área necessária para criação, a alta longevidade na produção de ovos e o baixo investimento inicial e lucro rápido. Além disso, a qualidade do ovo é considerada de grande importância para o consumo humano, devido à sua alta digestibilidade e valor biológico da proteína (MORAES et al., 2015).

A coturnicultura é uma atividade que tem despertado interesse de produtores, empresas e pesquisadores, por exigir menores investimentos e reduzida mão-de-obra compara a outras culturas. Aliado ao aumento da produção de codornas, notou-se, na última década, mudança de hábitos alimentares dos consumidores que favoreceram o aumento do consumo de ovos de codornas, presentes em restaurantes e churrascarias (MÓRI et al., 2005).

2.2 ORIGEM DA CANOLA

A canola é uma oleaginosa de inverno, da família das crucíferas, desenvolvida a partir do melhoramento genético da colza do gênero *Brassica spp.* (*Brassica napus*, *Brassica rapa* ou *Brassica juncea*) (MARCHIORI JR et al., 2002; ESTEVEZ et al., 2014). A origem do nome é derivada de “Can” (Canadá – país pioneiro no melhoramento genético da oleaginosa) e “ola” que se refere a “oil low acid” (óleo de baixa acidez) (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2020).

É a terceira oleaginosa mais produzida no mundo, com uma produção média de 67,5 milhões de toneladas na safra de 2016/2017, com destaque para os Estados Unidos (32%), Canadá (23,5%) e China (21,5%), maiores produtores (USDA, 2018). Como resultado do processo de seleção obteve-se uma variedade de canola com menos que 2% do total de ácidos graxos, de ácido erúico, e menos que 30 $\mu\text{mol/g}$ de MS em glucosinolatos (ALJUOBORI et al., 2016; BELL, 1993; KHAJALI & SLOMINSKI, 2012).

O aprimoramento genético através do melhoramento de plantas introduziu constantemente variedades comerciais de canola com maior teor de ácidos graxos insaturados e menor teor de fatores antinutricionais. Esses avanços genéticos alcançados reduziram os níveis desses fatores, que eram de 25 a 45% de ácido erúico e de 50 a 100 mg/g de glucosinolatos (BELL, 1993), para níveis de até 4,6 $\mu\text{mol/g}$ (ADEWOLE et al., 2016). O melhoramento da canola permitiu a utilização em dietas de aves sem afetar o desempenho produtivo, crescimento e saúde (AGAH et al., 2010; NAJIB; AL-KHATEEB, 2004), melhorando também a palatabilidade (ESTEVEZ et al., 2014).

2.3 PRODUÇÃO DE CANOLA NO BRASIL

O cultivo da canola *Brassica napus* L. var. *oleifera* no Brasil iniciou em 1974 no estado do Rio Grande do Sul e estendeu-se para o estado do Paraná em meados de 1980 (MORI et al., 2014). É uma opção para ser inserida em sistemas de rotação de culturas na produção de grãos da região sul, bem como para diversificação agrícola e cobertura vegetal do solo no período de inverno (MARCHIORI JR et al., 2002; TOMM, 2007). O cultivo da canola cresce consideravelmente, por ser uma fonte de óleo e farelo de excelente qualidade, subprodutos gerados no processamento e utilizados na alimentação animal (ESTEVEZ et al., 2014).

Na safra 2017, a produção de canola no mundo foi estimada em 74,6 milhões de toneladas (USDA, 2018), considerada a segunda maior fonte produtora de óleo, a qual representa 13% da produção mundial de oleaginosas (soja, canola, girassol, amendoim, caroço de algodão, palma e coco). A área cultivada de canola no Brasil foi estimada em 48,1 mil

hectares, com registros de baixo rendimento de grãos em função de excesso de chuva na semeadura e na colheita, além de estiagem no período vegetativo e de geada durante a floração.

A produção de canola no Brasil aumentou em 21,3% da safra de 2017 para 2018, com produção média de 40,8 e 48,7 mil toneladas de grãos, respectivamente (CONAB, 2017). Entre 2016 e 2017, o Rio Grande do Sul representou 86,2% da produção dessa oleaginosa e o Paraná participou com 13,8%. Embora as estatísticas oficiais registrem apenas dados de dois estados, a produção de canola, em menor escala, também ocorre em Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Santa Catarina, São Paulo, Goiás e Minas Gerais.

2.4 ASPECTOS NUTRICIONAIS DA CANOLA

O grão de canola é caracterizado pela coloração escura e estrutura e pequena com pequeno diâmetro (1,0 a 2,0 mm) e peso de mil grãos de 3,0 a 6,0g (TOMM, 2007). O tamanho do grão, a cor, a proporção e a composição da casca são características de cada variedade que podem afetar o nível de fibra e assim o valor de energia e digestibilidade (BELL, 1993).

Vários estudos avaliaram e verificaram variações na composição da canola, quq foram atribuídas à variedade utilizada, o método de processamento, as condições de cultivo, o clima e o solo da região, com efeitos significativos sobre a disponibilidade de energia para aves, pois além do teor de óleo, a concentração de proteína e fibra são considerados (ASSADI et al., 2011; TOGHYANI; SWICK; BAREKATAIN, 2017). Composta por 94% de matéria seca e 6.524 kcal/kg de energia bruta (BARBOUR; SIM, 1991), a canola é considerada um alimento valioso como fonte de AGP's para a alimentação de aves (JIA et al., 2008).

A canola é considerada um alimento proteico para o uso na dieta de aves com 23 a 25,5% de PB na MS. Possui altos teores de óleo (30 a 50%) no grão com ácidos graxos insaturados como oleico (C18:1n9c), linoléico (C18:2n6, ω -6) e α -linolênico (TOMM, 2007). Em análise de 11 amostras de variedades de canola comercial a composição média foi de 94,3% de MS, 21,5% de PB, 42,9% de EE, 4,04% de MM, 22,1% de FDA, 29,2% FDN e 7.016 kcal/kg de EB (TOGHYANI; SWICK; BAREKATAIN, 2017).

A canola apresenta uma valiosa composição de aminoácidos essenciais, como lisina, treonina e triptofano (REZAEIPOUR et al., 2015). O óleo de canola é uma excelente fonte de ácidos graxos monoinsaturados (AGM's), contém quantidades intermediárias de AGPs (60%), como o ácido graxo linoléico e α -linolênico, precursores de EPA (ω -3) e DHA (ω -6), e oleico com uma concentração de 7,0%, além de uma concentração muito baixa de ácidos graxos

saturados (FOULADI et al., 2011; LEMBEDE et al., 2014; TOGHYANI; SWICK; BAREKATAIN, 2017).

Nas dietas de aves o óleo de canola visa aumentar os níveis de energia (ROWGHANI et al., 2007), melhorar a palatabilidade e a conversão alimentar, além de propiciar uma melhoria na consistência das rações fareladas e/ou peletizadas (ROLL et al., 2016). O farelo de canola é outro ingrediente muito difundido na alimentação de aves, subproduto do processo da extração do óleo, que representa aproximadamente 60% da composição da canola (ADEWOLE et al., 2016).

A canola é considerada a segunda fonte mundial de proteína de origem vegetal utilizada na alimentação animal, depois do farelo de soja que apresenta o maior teor proteico (USDA, 2018). Entretanto, os fatores antinutricionais como ácido erúico e glucosinolatos (glucobrassicinapina, progoitrina, gluconapoleiferina, glucobrassicina e hidroxiglucobrassicina) e algumas frações de fibra podem restringir a substituição total ou parcial de alimentos até então utilizados nas dietas de aves (KHAJALI; SLOMINSKI, 2012). Os glucosinolatos produzidos naturalmente têm gosto amargo, ácido e cáustico (BRAND et al., 2019).

Porém, a redução destes nas variedades de canola possibilitou o uso nas dietas de aves. Além disso, o uso do farelo nas dietas de aves pode ser limitado devido ao baixo valor de energia metabolizável (ALJUOBORI et al., 2016). Nos últimos anos o aumento da utilização do farelo pela indústria avícola se deve a maior produção de canola, que além do aspecto econômico e nutricional com alta concentração proteica apresenta alta digestibilidade (SAKI et al., 2017).

2.5 UTILIZAÇÃO DE CANOLA NA ALIMENTAÇÃO DE AVES

A utilização da canola na dieta de aves teria a vantagem de maior resistência à oxidação, por não romper a casca e facilitaria a manipulação em fábricas de ração em comparação com outras oleaginosas (MENG et al., 2006). No entanto, a suplementação com enzimas não foi eficiente na redução do efeito encapsulador do óleo pela parede celular do grão (casca), o que resulta em menor energia disponível na alimentação de aves, pois o pH ótimo para a enzima exógena funcionar eficientemente é de aproximadamente 5,0 a 7,0 e assim, a atividade poderia ser reduzida pelo baixo pH na moela (2,0) (ASSADI et al., 2011).

A utilização de canola até o nível de 30% em dietas de galinhas poedeiras não teve efeito prejudicial no desempenho com a inclusão de até 10% e melhorou desempenho com adição de

5% comparado ao controle. Porém a presença de grãos inteiros nas excretas se deve a passagem direta pelo trato gastrointestinal, sem a digestão o que reduz a disponibilidade de nutrientes utilizados pelas aves (NAJIB; AL-KHATEEB, 2004). O maior teor de óleo não está necessariamente associado aos maiores valores de energia disponível para as aves, mas depende também do conteúdo de FB (TOGHYANI; SWICK; BAREKATAIN, 2017).

A média de FB apresenta variações e depende da variedade, com valores médios de 9,2% a 16,9% (CIURESCU, 2009; TOGHYANI; SWICK; BAREKATAIN, 2017). A fibra é pouco digerida e interfere nos valores de energia do alimento, acelerando a taxa de passagem, que por sua vez reduz o tempo para digestão e assim consequentemente a utilização de nutrientes (KHAJALI; SLOMINSKI, 2012).

O nível de 10% de substituição de canola nas dietas influenciou os valores de EMA e EMAn para frangos de corte, com valores de 3.816 e 3.708 kcal/kg, respectivamente, comparado ao nível de 20% com 3.477 e 3.321kcal/kg (SOUZA, 2017). O ácido fítico presente na composição da canola diminui a absorção de cálcio, e inibi enzimas proteolíticas, além disso, o uso da canola em dietas monogástricas tem sido dificultado pelo nível de fibra que aumenta a viscosidade intestinal e leva a redução da disponibilidade de nutrientes, com aumento da taxa de passagem (KAMRAN AZAD; RAHIMI; KARIMI TORSHIZI, 2009).

A canola pode ser fornecida até um nível de 20% na alimentação de galinhas poedeiras substituindo 25 a 30% do farelo de soja, sem afetar significativamente o desempenho produtivo e a qualidade dos ovos (CIURESCU, 2009). Porém, a redução significativa nos parâmetros de desempenho (consumo de ração, produção de ovos, peso dos ovos, massa de ovos e conversão alimentar), foram verificados com níveis acima de 10% de canola (22% de proteína, 39% de óleo e 3.141 kcal/kg de EM), o que segundo os autores se deve a maior taxa de passagem de grãos intactos pelo intestino o que reduziu o aproveitamento de nutrientes (AGAH et al., 2010).

Substituindo o farelo de soja por canola até o nível de 12% na alimentação de frangos de corte não afetou o ganho de peso, porém o consumo foi maior e consequentemente a conversão alimentar (1,96) comparado ao grupo controle (TALEBALI; FARZINPOUR, 2005). A inclusão de níveis acima de 10% na dieta de frangos de corte resultou na redução do consumo, ganho de peso, retenção de gordura e energia metabolizável, efeitos atribuídos a uma baixa palatabilidade e eficiência na utilização da gordura da dieta (LEESON; ATTEH; SUMMERS, 1987).

A moagem rompe o encapsulamento de nutrientes pela estrutura da parede celular do grão de canola e assim aumenta a exposição as enzimas digestivas (ASSADI et al., 2011; MENG et al., 2006), pois as aves não possuem enzimas para digerir os polissacarídeos de parede

celular, o que limita a utilização de nutrientes (JIA et al., 2008). Porém uma ruptura incompleta durante o processo de moagem, pode reduzir o aproveitamento e valor nutricional da canola (TOGHYANI; SWICK; BAREKATAIN, 2017).

A moagem é também considerada um processo difícil, devido ao tamanho e alto teor de óleo, e para facilitar a passagem pelas peneiras no moinho de martelo, são pré-misturados grãos de cereais, o que ainda pode ser insuficiente (MENG et al., 2006). O processamento também pode acelerar a oxidação lipídica do óleo presente na canola (BAREKATAIN et al., 2015; JIA et al., 2008). Porém o processo de moagem aumentou valores de EMA e EMAn da canola de 3.000 para 4.182 kcal/kg e de 2.872 para 4.049 kcal/kg, respectivamente e a adição de enzimas aumentou o valor de EMA da canola de 3.091 para 4.091 kcal/kg e o valor de EMAn de 2.963 para 3.958 kcal/kg em dietas de frangos de corte (SOUZA, 2017).

A inclusão de 20% de canola moída aliada a peletização a vapor na dieta de frangos de corte proporcionou melhores resultados no desempenho e digestibilidade, sugerindo que os nutrientes da canola são bem utilizados pelas aves, quando se considerar o tipo e grau de moagem (SHEN; SUMMERS; LEESON, 1983). E assim, se destaca a importância de considerar o tipo e/ou grau de moagem ao incorporar canola em dietas para as aves.

O processo de moagem da canola pode aumentar o desempenho das aves, devido a maior disponibilidade dos nutrientes que são aproveitados pelas aves que pode elevar os ácidos graxos no ovo (MILINSK et al., 2003). Os estudos com canola demonstraram claramente que o desempenho das aves e a melhor utilização dos nutrientes, depende do processamento na moagem para a ruptura da parede celular do grão, e não somente aos efeitos negativos associados com os fatores antinutricionais (JIA et al., 2008).

2.6 QUALIDADE DE OVOS DE CODORNAS

O ovo de codorna é considerado uma ótima alternativa para a alimentação humana, pois apresenta, na composição proteínica de alto valor biológico, lipídeos, aminoácidos essenciais, com elevado índice de digestibilidade, além de vitaminas e minerais (MOURA; DE TOLEDO BARRETO; LANNA, 2010; SEIBEL et al., 2010). A composição de ácidos graxos da canola incorporado na gema, pode elevar a qualidade de ovos para o consumo humano.

A composição da gema do ovo depende da composição nutricional da dieta, pois alimentos ricos em ácidos graxos ω -3 aumentam o conteúdo destes na gema do ovo (KAKANI et al., 2012). A gema do ovo é uma fonte rica de lipídeos que pode ter o conteúdo acometido

pela genética, idade e programas de alimentação, assim como pelos níveis de alimentos fontes de lipídeos (MILINSK et al., 2003).

O uso de 10% de canola na dieta de galinhas teve o melhor resultado sobre o desempenho produtivo e na relação entre ácidos graxos ω -6 e ω -3 na gema de ovo em comparação com a dieta controle (AGAH et al., 2010). O aumento na deposição de ácido graxo DHA (ω -3) na gema de ovos de galinhas poedeiras foi resultado da inclusão de 15% de canola (JIA et al., 2008). A gema de ovos de galinhas alimentadas com 16% de canola moída foi enriquecida com EPA, DPA e DHA, isto indica que galinhas poedeiras podem converter ácido graxo em ácidos graxos omega-3 alongados e depositar na gema de ovo (CHERIAN & SIM, 1991).

No organismo da ave, o ácido graxo α -linolênico presente no fígado compete com maior afinidade pela enzima delta-6-dessaturase e enriquece o ovo com um aumento de AGP's (α -linolênico, EPA e DHA), depositados na gema (YALÇIN; ÜNAL, 2010). Em comparação com outras espécies de aves, não há informação disponível com canola na alimentação de codornas e sua associação com o perfil de ácidos graxos e qualidade dos ovos.

O óleo de canola na dieta não só altera o perfil de ácidos graxos da gema de ovo, mas também pode alterar o metabolismo lipídico nas galinhas poedeiras (KAKANI et al., 2012). O óleo presente no grão é usado para o enriquecimento de ovos com AGP's sem qualquer efeito prejudicial nas características do ovo (AHMAD et al., 2013).

Com níveis de 3,0 e 5,0% de óleo na alimentação de galinhas poedeiras, se elevou a porcentagem de ácido graxo α -linolênico e consequentemente a porcentagem de ácidos graxos ω -3, o que indica que a ave pode converter o ácido graxo α -linolênico em ω -3 e depositar na gema do ovo (ROWGHANI et al., 2007). O óleo de canola é uma excelente fonte de AGM's e ácido graxo α -linolênico. Dietas com 4% de óleo de canola aumentam a quantidade de ácido graxo ω -3 em ovos e carne de frango, benéfico para a saúde humana (FOULADI; SALAMAT DOUST NOBAR; AHMADZADE, 2008).

Na alimentação de codornas a utilização do óleo de canola modificou o perfil de ácidos graxos na gema, com o aumento de AGM's (oleico) e enriquecimento do ovo com AGP's (linoléico e α -linolênico), sem afetar outras características de qualidade, devido às diferenças nos perfis de ácidos graxos do óleo de canola nas dietas (ROLL et al., 2016).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos no setor de Avicultura do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) e aprovados pelo Comitê de Ética em Uso de Animais (CEUA) da UDESC, sob protocolo 5176060318.

3.1 ENSAIO DE DIGESTIBILIDADE DA CANOLA

Nesta sessão são descritos os materiais e métodos utilizados no ensaio de digestibilidade para se determinar a digestibilidade aparente e corrigida pelo balanço de nitrogênio da canola integral moída para codornas na fase de postura.

3.1.1 Período pré-experimental

No período pré-experimental as codornas foram alojadas no piso na fase de cria (01 a 14 dias de idade) e recria (15 a 35 dias) (MAHROSE et al., 2019). Após 35 dias as aves foram alocadas em gaiolas (100 x 30 x 15cm) de arame galvanizado, com três divisórias para 15 aves cada (67 cm²/ave), providas de comedouro e bebedouro tipo calha e coletor de ovos frontal. Em todas as fases de criação as aves receberam ração e água *ad libitum*.

3.1.2 Caracterização da origem da canola

A variedade de canola *Brassica napus L. var. oleifera*, híbrido *Diamond*, utilizada no estudo é produzida no Brasil na mesorregião do noroeste do estado do Rio Grande do Sul. Na região do estado, a canola tem um potencial produtivo médio entre 1,2 mil a 1,5 mil kg por hectare. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021), o município de Giruá se destaca na produção de canola com um total de 500 hectares cultivado, com uma produtividade estimada em 720 kg por hectare. A associação brasileira de produtores de canola (ABRASCANOLA, 2021), mantém o registro de produtores e empresas processadoras de canola, colaborando para o desenvolvimento da cadeia da canola no Brasil.

3.1.3 Delineamento experimental

Para a determinação da energia metabolizável (EM) pela metodologia de coleta total de excretas, foram utilizadas 360 codornas (*Coturnix coturnix japonica*) fêmeas com 72 dias de idade e peso médio de 166,5g. As aves foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com dois tratamentos e oito repetições com 15 aves por unidade experimental (gaiola). Os tratamentos consistiram em uma dieta basal (Tabela 1), formulada à base de milho e farelo de soja, para atender as exigências nutricionais de codornas em postura, descritas nas tabelas brasileiras para aves e suínos por Rostagno et al., (2017) e uma dieta teste.

A dieta teste era composta por 80% da dieta basal e 20% de inclusão da canola moída (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016). A canola em grão passou por processo de moagem em moinho tipo martelo, com peneira de 4,5 mm para ser adicionada na dieta teste. As aves receberam água e ração *ad libitum* em comedouros abastecidos várias vezes ao dia, para evitar desperdício e foram submetidas a um programa de luz de 16 horas de duração.

Tabela 1- Composição da dieta basal para codornas na fase de postura.

Ingredientes	Composição (%)
Milho	56,82
Farelo de Soja	31,47
Calcário Calcítico	7,10
Óleo vegetal	1,84
Fosfato Bicálcico	1,26
Sal comum	0,36
DL-metionina	0,22
L-lisina	0,12
Premix vitamínico mineral*	0,60
Adsorvente de micotoxinas	0,20
Total	100,0
Composição calculada	
Proteína bruta (%)	19,00
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2.800
Fósforo disponível (%)	0,327
Cálcio (%)	3,158
Metionina digestível (%)	0,498
Lisina digestível (%)	1,107
Sódio total (%)	0,155

*Composição do produto comercial para codornas postura (kg) (Mín.): Ácido Fólico 210,00 mg/kg; Ácido Pantotênico 3.330,00 mcg/kg; Biotina 2.600,00 mcg/kg; Cu 1.325,00 mg/kg; Colina 35,00 g/kg; Etoxiquin 160,00 mg/kg; Fe 10,00 g/kg; I 138,00 mg/kg; Mn 13,00 g/kg; Met. 100,00 g/kg; Niacina 6.470,00 mg/kg; Se 34,00 mg/kg; Vit. A 1.667.000,00 UI/Kg; Vit. B1 500,00 mg/kg; Vit. B12 2.000,00 mcg/kg; Vit. B2 832,00 mg/kg; Vit. B6 666,00 mg/kg; Vit. D3 334.000,00 UI/Kg; Vit. E 4.160,00 UI/Kg; Vit. K3 400,00 mg/kg; Zn 10,00 g/kg; Bacitracina de zinco 3.670,00 mg/kg.

O período experimental teve duração de dez dias (cinco dias para adaptação às rações experimentais + cinco dias para coleta total de excretas). As aves foram inicialmente pesadas individualmente, eliminando-se as pesadas e leves, com variação de 5% do peso médio e foram alojadas em gaiolas no galpão experimental com controle de temperatura e umidade relativa.

As coletas de excretas foram realizadas no início da manhã e final da tarde, para evitar fermentação e perdas de nutrientes. Para a coleta total de excretas foram utilizados sacos de polietileno sob as gaiolas, conforme metodologia descrita por Sakomura & Rostagno, (2007). O consumo de ração foi avaliado pela diferença de peso da ração fornecida pelas sobras ao final do período de coletas.

Após as coletas, as excretas foram acondicionadas em sacos de polietileno, identificadas, pesadas em balança eletrônica (0,1g de precisão) e armazenadas em freezer (-12°C). O diâmetro geométrico médio (DGM) e o desvio padrão geométrico (DPG) das rações e canola foram analisados através do método alternativo, utilizando-se peneiras com aberturas de 4.760; 2.000; 1.400; 710; 425 e 125 µm, e os cálculos realizados no software GranuCalc desenvolvido pelo Núcleo de Tecnologia da Informação – NTI da Embrapa suínos e aves (Tabela 2).

Tabela 2 - Diâmetro geométrico médio (DGM) e desvio padrão geométrico (DPG) da canola integral moída, dieta basal e dieta teste para codornas.

Alimento/Ração	DGM	DPG
Canola	726	1,78
Dieta basal	784	1,90
Dieta teste ¹	736	1,85

¹ Dieta teste: 80% de dieta basal + 20% de canola.

3.1.4 Análises de amostras

Paras as análises as amostras de excretas congeladas dos cinco dias de coleta foram descongeladas em temperatura ambiente, homogeneizadas por repetição e destas era coletado uma alíquota de 200g para realização das análises bromatológicas. As excretas foram inicialmente secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72hs (pré-secagem), a fim de determinar a matéria seca ao ar. Após a secagem, as amostras foram moídas em moinho tipo faca com peneira de 1,0 mm para serem utilizadas nas demais análises.

Foram realizadas as análises em duplicata para mensuração de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) das rações, canola e excretas realizadas conforme metodologia descrita por Silva & Queiroz (2002).

3.1.5 Cálculos de EMA e EMAn e coeficientes de metabolizabilidade

A EM é a forma normalmente utilizada para a formulação das dietas para aves, a qual foi obtida pela diferença entre a EB do alimento e EB das excretas, oriundas da digestão (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016).

Com os dados de consumo de ração, produção de excretas e análises bromatológicas, foram determinados os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) de acordo com as equações de Matterson et al. (1965) (SAKOMURA et al., 2016), usando o software Energcalc (TAVERNARI et al., 2015) para quantificação, em que:

Energia Metabolizável Aparente (EMA):

$$EMA_{\text{dieta basal}} (\text{kcal kg}^{-1}): (EB_{\text{ingerida}} - EB_{\text{excretada}}) / MS_{\text{ingerida}}$$

$$EMA_{\text{dieta teste}} (\text{kcal kg}^{-1}): (EB_{\text{ingerida}} - EB_{\text{excretada}}) / MS_{\text{ingerida}}$$

$$EMA_{\text{canola}} (\text{kcal kg}^{-1}): EMA_{\text{dieta basal}} + [(EMA_{\text{dieta teste}} - EMA_{\text{dieta basal}}) / (\text{g canola} / \text{g dieta})]$$

Energia Metabolizável Aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn):

$$EMAn_{\text{dieta basal}} (\text{kcal kg}^{-1}): [EB_{\text{ingerida}} - (EB_{\text{excretada}} + 8,22 * \text{Balanço de Nitrogênio} (N_{\text{ingerido}} - N_{\text{excretado}}))] / MS_{\text{ingerida}}$$

$$EMAn_{\text{dieta teste}} (\text{kcal kg}^{-1}): [EB_{\text{ingerida}} - (EB_{\text{excretada}} + 8,22 * \text{Balanço de Nitrogênio} (N_{\text{ingerido}} - N_{\text{excretado}}))] / MS_{\text{ingerida}}$$

$$EMAn_{\text{canola}} (\text{kcal kg}^{-1}): EMAn_{\text{dieta basal}} + [(EMAn_{\text{dieta teste}} - EMAn_{\text{dieta basal}}) / (\text{g canola} / \text{g ração})]$$

Com base nos resultados das análises bromatológicas foram calculados os coeficientes de metabolizabilidade aparente (CMA) da EMA, EMAn, MS, PB, EE e EB, através da relação entre a quantidade de energia ou nutriente digerido e a energia ou nutriente ingerido, conforme a fórmula abaixo:

Coeficiente de metabolizabilidade aparente (CMA):

$$CMA (\%) = [\text{nutriente ingerido (g)} - \text{nutriente excretado (g)} / \text{nutriente ingerido (g)}] \times 100$$

3.2 ENSAIO DE DESEMPENHO E QUALIDADE DE OVOS

Nesta sessão são descritos os materiais e métodos utilizados no ensaio de desempenho e qualidade de ovos para avaliação dos efeitos da inclusão de canola integral moída na dieta de

codornas na fase de postura, sobre os parâmetros de desempenho produtivo e qualidade interna e externa dos ovos.

3.2.1 Aves, Instalações e Período experimental

Foram utilizadas 420 codornas (*Coturnix coturnix japonica*) com 180 dias de idade em fase de postura com peso médio de 170g. As aves foram inicialmente pesadas individualmente, eliminando-se as mais pesadas e as mais leves, utilizando aves com variação de 5% do peso médio.

No galpão experimental as aves foram alojadas em sistema de pirâmide com dois andares de gaiolas (100 x 30 x 15cm) de arame galvanizado, com três divisórias, providas de comedouro e bebedouro tipo calha e coletor de ovos frontal.

Foi realizado um controle de produção de ovos durante 10 dias antes, período que antecedeu o início do experimento (SAKOMURA et al., 2016). O período experimental teve duração de 112 dias dividido em quatro ciclos de 28 dias.

3.2.2 Delineamento Experimental

As dietas foram formuladas com base nas recomendações de exigências nutricionais descritas nas tabelas brasileiras para aves e suínos (Tabela 3) (ROSTAGNO et al., 2017). Na formulação das rações foi considerado o valor de EMAn da canola determinado no ensaio de digestibilidade.

Os valores referência da composição da canola analisada e utilizada na formulação das rações foram de 90,5% de matéria seca (MS), 19,7% de proteína bruta (PB), 29,5% de extrato etéreo (EE) e 6.118 kcal/kg de energia bruta na MS e EMAn de 4.310 kcal/kg.

A canola passou por processo de moagem em moinho tipo martelo, com peneira de 4,5 mm para ser adicionada nas dietas experimentais. As dietas foram isoproteicas e isoenergéticas, a base de milho e farelo de soja, com ingredientes comumente utilizados por produtores de codornas nas rações à campo.

As aves foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com cinco tratamentos e sete repetições de 12 aves por unidade experimental (gaiola). Os tratamentos consistiram em: um grupo controle: C0 (0%); e quatro grupos: C10, C20, C30 e C40 com adição de 10, 20, 30 e 40% de canola, respectivamente na dieta.

Tabela 3 – Ingredientes e composição das dietas utilizadas para codornas em postura com níveis de 0, 10, 20, 30 e 40% de canola integral moída.

Ingredientes Kg	C0	C10	C20	C30	C40
Milho	56,82	50,06	37,05	23,37	12,18
Farelo de soja	31,47	26,96	22,82	18,14	15,42
Canola	0,00	10,00	20,00	30,00	40,00
Farelo de trigo	0,00	2,89	8,00	15,00	15,00
Óleo de soja	1,84	0,00	0,00	0,00	0,00
Calcário	7,1	7,14	7,20	7,28	7,27
Fosfato bicálcico	1,26	1,25	1,20	1,11	1,17
Sal comum	0,36	0,36	0,37	0,37	0,37
DL-metionina	0,22	0,25	0,29	0,32	0,36
L-lisina	0,12	0,28	0,43	0,59	0,72
Premix mineral e vitamínico ¹	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Adsorvente de micotoxinas	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Inerte	0,00	0,00	1,84	3,02	6,71
Total	100	100	100	100	100
Composição calculada					
Energia Metabolizável (Kcal/Kg)	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800
Proteína bruta (%)	19	19	19	19	19
Cálcio (%)	3,158	3,158	3,158	3,158	3,158
Fósforo disponível (%)	0,327	0,327	0,327	0,327	0,327
Lisina digestível (%)	1,107	1,107	1,107	1,107	1,107
Metionina digestível (%)	0,498	0,498	0,498	0,498	0,498
Sódio (%)	0,155	0,155	0,155	0,155	0,155

¹Composição do produto comercial para codornas postura (kg) (Mín.): Ácido Fólico 210,00 mg/kg; Ácido Pantotênico 3.330,00 mcg/kg; Biotina 2.600,00 mcg/kg; Cu 1.325,00 mg/kg; Colina 35,00 g/kg; Etoxiquin 160,00 mg/kg; Fe 10,00 g/kg; I 138,00 mg/kg; Mn 13,00 g/kg; Met. 100,00 g/kg; Niacina 6.470,00 mg/kg; Se 34,00 mg/kg; Vit. A 1.667.000,00 UI/Kg; Vit. B1 500,00 mg/kg; Vit. B12 2.000,00 mcg/kg; Vit. B2 832,00 mg/kg; Vit. B6 666,00 mg/kg; Vit. D3 334.000,00 UI/Kg; Vit. E 4.160,00 UI/Kg; Vit. K3 400,00 mg/kg; Zn 10,00 g/kg; Bacitracina de zinco 3.670,00 mg/kg.

As codornas receberam as dietas experimentais e água *ad libitum* e foram submetidas a um programa de luz de 16 horas de duração durante todo o período experimental. A água e as dietas experimentais eram fornecidas *ad libitum*, duas vezes ao dia em comedouro de chapa metálica galvanizada do tipo calha, percorrendo toda a extensão das gaiolas e dividido de acordo com cada tratamento e repetição.

O manejo diário consistiu em coletar e registrar os ovos, fornecer a ração, limpar os aparadores de ovos e realizar leitura das temperaturas (máxima e mínima).

No galpão experimental foram registradas as temperaturas mínima e máxima durante todo o período experimental com termômetro digital. As temperaturas médias mínima e máxima durante o período experimental foram de $7^{\circ} \pm 1,9^{\circ}\text{C}$ e $23^{\circ}\text{C} \pm 2,6^{\circ}\text{C}$, respectivamente.

Foi analisado o perfil de ácidos graxos e lipídeos da canola (Tabela 4) e das dietas por cromatografia gasosa segundo metodologia de Hartman & Lago (1973).

Tabela 4 – Níveis de ácidos graxos e lipídeos totais da canola integral moída adicionada nas dietas experimentais de codornas.

Ácidos graxos* (%)	Canola
C14:0	0,072
C15:0	0,034
C16:0	5,479
C17:0	0,081
C18:0	2,673
C20:0	0,713
C21:0	0,012
C23:0	0,009
C24:0	0,129
Total AGS's	9,20
C16:1	0,244
C17:1	0,100
C18:1n9t	0,272
C18:1n9c	61,084
Vacênico	2,836
C20:1n9	1,031
C24:1n9	0,125
Total AGM's	65,69
C18:2n6	18,175
C18:3n3	6,484
C18:3n6	0,011
C20:2n6	0,075
C20:3n6	0,295
C20:4n6	0,057
C20:5n3	0,009
Total AGP's	25,10
Lipídeos totais	16,73

* Ácido mirístico (C14:0), ácido pentadecanóico (C15:0), ácido palmítico (C16:0), ácido margárico (C17:0), ácido esteárico (C18:0), ácido araquídico (C20:0), ácido heneicosanoico (C21:0), ácido tricosanoico (C23:0), ácido lignocérico (C24:0), ácido palmitoléico (C16:1), ácido heptadecanoico (C17:1), ácido elaidico (C18:1n9t), ácido oléico (C18:1n9c), ácido vacênico, ácido gondoico (C20:1n9), ácido nervônico (C24:1n9), ácido linoléico (C18:2n6), ácido γ -linolênico (C18:3n6), ácido α -linolênico (C18:3n3), ácido eicosadienoico (C20:2n6), ácido dihomog γ -linolênico (C20:3n6), ácido araquidônico (C20:4n6) e ácido eicosapentaenoico (EPA, C20:5n3).

Amostras de canola após o processamento e das dietas foram coletadas em difentes momentos, no início (dia 1), meio (dia14) e final (dia 28) de cada ciclo para armazenar (congelar) e destas foram homogeneizadas uma amostra de cada (20g) para para as análises de perfil de ácidos graxos e lipídeos em laboratório.

3.2.3 Desempenho produtivo

Em cada ciclo foi mensurado o consumo de ração (CR; g/ave/dia), obtido por meio da diferença entre a ração fornecida no início e as sobras pesadas ao final. As rações foram pesadas e mantidas em baldes identificados de acordo com cada parcela e semanalmente os comedouros foram esvaziados e as sobras pesadas para o cálculo do CR.

A produção de ovos diária foi registrada e ao final de cada ciclo foi calculado a taxa de postura (TP; %) dividindo a quantidade de ovos produzidos pelo número de aves na parcela.

Foram realizadas pesagens dos ovos nos três últimos dias de cada ciclo em balança eletrônica, para determinar o peso médio dos ovos (PO; g). A massa de ovo (MO; g) foi obtida multiplicando a TP pelo PO.

A conversão alimentar por dúzia de ovos (CA/dz) foi calculada pelo CR total dividido pela produção total de ovos em dúzias e a CA (g/g) foi obtida pelo CR total em gramas dividido pelo peso total de ovos produzidos em cada parcela.

3.2.4 Características físicas e químicas dos ovos

Ao final dos quatro ciclos (a cada 28 dias) foi coletado e identificado amostras de quatro ovos para análises de qualidade interna e externa, e no último período foram armazenadas amostras de quatro ovos por 30 dias para realizar as mesmas análises.

Para a determinação da densidade do ovo a análise de gravidade específica (GE) foi realizada conforme metodologia descrita por Barreto et al. (2010), com a imersão das amostras de ovos em baldes com diferentes soluções salinas (ISS), com densidades que variam de 1,055 a 1,100g/cm³ (intervalos de 0,005), com a verificação da densidade da água por meio de um densímetro. Os ovos eram colocados nos baldes com as soluções, da menor para a maior densidade, retirando ao flutuarem e os valores respectivos das densidades correspondentes às soluções dos recipientes eram anotados e posteriormente, efetuaram-se os cálculos da densidade média dos ovos.

Conforme metodologia de Haugh (1937), com os dados de altura do albúmen e peso do ovo foi determinada a unidade Haugh (UH), que utiliza a equação: $UH: 100 \log (H + 7,57 - 1,7 W^{0,37})$, onde H é a altura do albúmen (mm) e W é o PO (g). O procedimento para a determinação da altura do albúmen consiste em medir na região mediana três pontos, entre a borda externa e a gema e, que esta região esteja perpendicular à chalaza, utilizando o valor médio dos pontos.

O índice de gema (IG) foi calculado pela relação entre a largura e a altura da gema. O índice de gema (IG) é dado por: $IG = \text{altura da gema (mm)} / \text{diâmetro da gema (mm)}$, medidas com paquímetro digital.

As gemas foram separadas do albúmen e as cascas lavadas e postas para secar ao ar em temperatura ambiente por 48 horas, para pesagem em balança de precisão. A porcentagem de gema, albúmen e casca foram obtidas pela relação entre o peso dos mesmos e o peso do ovo, sendo o peso do albúmen calculado por diferença ($\text{Peso albúmen} = \text{Peso do ovo} - (\text{Peso da gema} + \text{Peso da casca})$).

O pH da gema (pHG) e do albúmen (pHA) foram mensurados com um *pool* das quatro amostras de ovos, após a separação obtido com pHmêtro digital (Testo 205).

A resistência da casca (RC; kgf) dos ovos foi avaliada com auxílio de um Texturômetro (TA.XT plus), que registra a força necessária e aplicada direto sobre a parte basal do ovo.

A perda de peso (PP) do ovo foi calculada pela diferença entre o peso no dia 0 e ao final de 30 dias de armazenamento e expresso em gramas.

A coloração da gema (CG) foi determinada com leque colorimétrico Yolk Color Fan – DSM® (escore de 1 a 15, que varia do amarelo claro ao laranja). A segunda verificação de cor da gema na forma de laser digital foi com o colorímetro Konica Minolta, modelo CR-410 através do modo direto de caracterização cromática utilizando-se a colorimetria de triestímulos, no sistema CIELAB. 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 varia 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). O colorímetro foi previamente calibrado em superfície branca, de acordo com padrões pré-estabelecidos pelo equipamento.

3.2.5 Perfil de ácidos graxos

A extração dos lipídeos totais foi realizada de acordo com o método de Bligh & Dyer (1959) modificado. Amostras de ração e canola (3g) e ovos inteiros (1g) foram pesadas em tubo Falcon (50 ml). Para a análise dos ovos, cada repetição foi composta por uma mistura de quatro ovos inteiros. Para análise de ácidos graxos, aproximadamente 25 mg de lipídeos foram obtidos a partir do extrato de clorofórmio após secagem sob vácuo a 40°C. A metilação dos ácidos graxos foi realizada de acordo com Hartman e Lago (1973) com modificações.

As amostras foram analisadas em cromatógrafo gasoso equipado com detector de ionização de chama (GC-FID) (Varian, Star, 3600, EUA) e amostrador automático (Varian,

8200, EUA). 1 μ L de extrato foi injetado em modo dividido (20:1). As separações FAME ocorrem em uma coluna capilar HP-88 (100 m \times 0,25 mm; espessura do filme de 0,20 μ m; Agilent Technologies, EUA). A identificação foi realizada comparando os tempos de retenção com os padrões de FAME Mix 37 (P/N 47885-U), éster metílico de ácido vacênico (P/N 46905-U), éster metílico docosapentaenóico (P/N 47563-U) e AL conjugado mistura de isômeros de éster metílico (Sigma-Aldrich, EUA). Os resultados foram expressos em porcentagem da área total dos cromatogramas, considerando os fatores de correção do detector de ionização de chama e conversão do éster em ácido de acordo com Visentainer (2012).

3.2.6 Níveis de TBARS

Ao final do período experimental (112 dias) foram coletadas amostras de quatro ovos, destes dois foram analisados no dia da coleta (frescos) e doir armazenados por 30 dias em bandeja de celulose com temperatura ambiente (25 \pm 2°C). A peroxidação lipídica foi determinada pela quantificação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), formadas durante a decomposição de peróxidos lipídicos, usando um espectrofotômetro a 532 nm (GIAMPIETRO et al., 2008).

As amostras de um *pool* de quatro gemas homogeneizadas (10g) foram misturadas com 25 mL de solução de ácido tricloroacético (37,5g de TCA + 0,5g de EDTA + 0,5 de propil galato), homogeneizados durante dois minutos e filtrados através de papel filtro. Em um tubo de ensaio, uma amostra de 5,0 mL do filtrado foi misturada com 5,0 mL de solução de TBARS 0,02 M (ácido tiobarbitúrico em água destilada). Os tubos foram fervidos num banho maria a 90°C durante 40 minutos juntamente com um branco (solução TBARS + solução de ácido tricloroacético), arrefecido sob água corrente e levado à densidade óptica em espectrofotômetro a 532 nm. Esta análise quantifica as substâncias formadas durante a peroxidação lipídica, principalmente o malonaldeído (MDA). Os valores de TBARS são determinados por curva padrão ($Y = 54,134x + 0,0008$), construída a partir do 1,1,3,3 tetrametoxipropano (TMP), e os resultados são expressos em TMP (mg/Kg de gema).

3.2.7 Análises sanguíneas

No final do período experimental foram coletadas amostras de sangue de duas aves por repetição. As codornas foram eutanasiadas por deslocamento cervical e as amostras de sangue

coletadas por punção cardíaca, comumente utilizada para coleta de sangue de pintos, codornas e outras aves pequenas.

Cerca de 2,0 ml de sangue por ave foram alocados em tubos de eppendorfs sem anticoagulante e identificados conforme a repetição e tratamento correspondentes. Em seguida as amostras foram levadas ao laboratório, onde foi obtido o soro por centrifugação da amostra a 5000rpm durante 15 minutos, e o soro estocado a -20°C até as análises bioquímicas.

Os parâmetros bioquímicos foram determinados através do uso de “kits” analíticos comerciais e um analisador bioquímico semi-automático BioPlus (Bio-200). Foram avaliados os parâmetros bioquímicos de proteínas totais (g/dl), albumina (g/dl), globulina (g/dl), triglicerídeos (mg/dl), colesterol (mg/dl) e enzima hepática alanina aminotransferase (ALT). Os valores de globulina foram calculados com base nos níveis de proteínas totais (PT) subtraídos de albumina.

3.2.8 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de normalidade de distribuição dos dados pelo teste de Shapiro-wilk. As médias foram submetidas à análise de variância (ANOVA) e comparadas por teste de contrastes lineares ($P < 0,05$), utilizando o PROC GLM (General Linear Model) do software SAS University Edition (SAS Institute Inc, 2017).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta sessão são apresentados os resultados dos ensaios com canola integral moída na dieta de codornas sobre a digestibilidade e o desempenho e qualidade de ovos de codornas, aliados com as discussões e interpretações dos principais resultados com base na literatura.

4.1 ENSAIO DE DIGESTIBILIDADE

Nesta sessão são descritos os resultados das análises de composição da canola integral moída e os valores calculados de EMA e EMAn para codornas na fase de postura juntamente com os coeficientes de metabolizabilidade.

4.1.1 Composição nutricional da canola e EMA e EMAn

A variedade de canola *Brassica napus L. var. oleifera*, híbrido *Diamond* é produzida no Brasil na mesorregião do noroeste do estado do Rio Grande do Sul. No estado, a canola tem um potencial produtivo médio entre 1,2 mil a 1,5 mil kg por hectare. De acordo com dados do IBGE (2021), o município de Giruá produz 500 hectares de canola, com uma produtividade estimada de 720 kg por hectare. A variedade de canola analisada e utilizada no experimento apresentou composição bromatológica de 90,5% de matéria seca (MS), 19,7% de proteína bruta (PB), 29,5% de extrato etéreo (EE) e 6.118kcal/kg de energia bruta (Tabela 5).

Tabela 5 - Composição analisada de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e energia bruta (EB) e valores de energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMn) e o coeficiente de metabolizabilidade aparente da EMA (CMEMA), EMAn (CMEMAn), matéria seca (CMMS), proteína bruta (CMPB) e extrato etéreo (CMEE) da canola integral moída.

Composição	Valor		
MS (%)	90,5		
MM (%)	5,0		
PB (%)	19,7		
EE (%)	29,5		
EB (kcal/kg)	6.118		
EMA (kcal/kg)	4,785		
EMAn (kcal/kg)	4.310		
Coeficientes de metabolizabilidade	Consumido	Excretado	Valor
CMEMA (%)	6.118	1.333	78,2
CMEMAn (%)	6.118	1.808	70,4
CMMS (%)	21,68	6,50	70,0
CMPB (%)	4,55	1,56	65,8
CMEE (%)	3,52	0,49	86,2

A canola apresenta composição nutricional para ser adicionada nas dietas de codornas. Porém o tamanho reduzido do grão de canola e a composição da casca limitam a utilização dos nutrientes pelas aves. Para reduzir esse efeito a moagem visa romper o tecido estrutural de parede celular, o que possibilita o aproveitamento dos nutrientes expostos a ação de enzimas digestivas das aves, que possuem relativa incapacidade de digestão de polissacarídeos não amiláceos (JIA et al., 2008; MENG et al., 2006). Em geral, a moagem dos ingredientes da ração, como grãos de oleaginosas, tem impacto positivo no desempenho das aves (ASSADI et al., 2011; MENG et al., 2006).

Amostras de três variedades de canola avaliadas por Assadi et al., (2011), apresentaram teor de PB que variou de 19,5 a 21,4%, com média de 20,36%, EE de 47,3 a 50,4%, com média de 48,77% e EB de 6.396 a 6.818 kcal/kg (ASSADI et al., 2011). Ao comparar esses resultados, a variedade em estudo com 19,7% de PB não diferiu os valores de EE e EB os quais foram menores com 29,5% e 6.118 kcal/kg respectivamente. Em estudo com codornas, uma variedade de canola apresentou teor de óleo com 48,9% e PB com 23,2% (IBRAHIM et al., 2020).

A canola utilizada na dieta de frangos de corte apresentou composição de PB de 19,9%, EE de 44,0% e EB de 7.017 kcal/kg (BAREKATAIN et al., 2015). O teor de EB da canola analisada apresentou pequena variabilidade entre as amostras, com média de 7.016 kcal/kg, 17,2 a 24,1% de PB e 40,8 a 47,9% de EE (TOGHYANI; SWICK; BAREKATAIN, 2017). Os valores de composição da canola são dependentes principalmente de fatores como moagem, variedade, textura do grão, diferenças agrônômicas de cultivo e origem (ASSADI et al., 2011).

Com o passar dos anos, apesar do melhoramento da canola para reduzir fatores antinutricionais nas variedades, se manteve os valores da composição sem grandes alterações, o que pode ser evidenciado em uma variedade com 20% de PB e EB de 6.524 kcal/kg (BARBOUR; SIM, 1991). Estes autores utilizaram 30% de inclusão na dieta de galos e obtiveram resultados de 4.623 de EMA e 4.487 kcal/kg de EMAn.

Comparado a variedade em estudo, não houve grandes diferenças, com 6.118 kcal/kg de EB e após procedimento de moagem os valores de EMA e EMAn foram de 4.785 e 4.310 kcal/kg, respectivamente, calculados para codornas em postura com 20% de inclusão. A correção do valor de EMA para nitrogênio retido, reduziu os valores em aproximadamente 10% da EMA.

Porém estes resultados demonstram o uso incompleto da energia da canola, efeito atribuído em parte ao nutriente encapsulado por polissacarídeos da parede celular. Isto pode ser resultado de interrupção insuficiente de células contendo óleo durante o processo de moagem ou digestão na moela das aves, com parte do óleo escapando da digestão no intestino delgado (MENG et al., 2006).

Mais de um componente do alimento e as interações entre estes podem influenciar nos valores EMAn. Geralmente, é aceito que teor e composição de fibra e EE podem ter o maior impacto e influência direta no conteúdo EMAn da canola (TOGHYANI; SWICK; BAREKATAIN, 2017). Esses autores avaliaram 11 amostras de híbridos de canola que apresentaram média de EE de 42,9% e 16,9% de fibra bruta.

Em estudo com frangos de corte a canola apresentou composição de 20,3% de PB, 40,7% de EE e 4.462 e 4.560 kcal de EMA e EMAn respectivamente (BREYTENBACH,

2005). Os autores citam que a média de EE da canola de 40% é o maior contribuinte para o conteúdo energético disponível para as aves. Assim a canola pode ser usada como fonte potencial alternativa de PB para alimentação de galinhas, com 17,42% de PB, 40,58% de EE e 3.900 kcal/kg de EMAn (CIURESCU, 2009).

Apesar do conteúdo de EE de 38,18% e PB de 25,58% serem maiores aos avaliados no estudo, resultou em EMAn de 4.128 kcal/kg, valor menor para galinhas (NAJIB; AL-KHATEEB, 2004). Em estudo com frangos de corte a canola apresentou composição de 27,35% de PB, 35,20 de EE e 4.837 kcal/kg (BAREKATAIN et al., 2017).

Com 22% de PB e 39% de EE a variedade de canola *Brassica napus* L. utilizada em estudo com galinhas poedeiras apresentou valor de EMAn de 3.141 kcal/kg (AGAH et al., 2010). Em dietas de avestruz a EMA foi de 5.378 kcal/kg para uma variedade de canola com composição de 23,4% de PB, 39,9% de EE e 6.439 kcal de EB (BRAND et al., 2000). Segundo os autores os maiores valores de EMA comparado aos demais estudos, se deve a capacidade digestiva de frações de fibra no intestino grosso de avestruzes, assim como o elevado conteúdo de óleo e EB da canola.

Já em outro estudo com avestruz a EMA foi de 4.300 kcal/kg com 20,4% de PB e 41,1% de EE (NIEMANN; BRAND; HOFFMAN, 2018). As variações observadas nos valores de EM podem ser atribuídas aos diversos fatores já citados anteriormente, como variedade e processamento subsequente, tempo de alimentação e espécie e idade das aves, porém a moagem reduz essa variabilidade e mostrou resultados promissores na melhoria do valor nutricional nos estudos com canola (BREYTENBACH, 2005).

4.2 ENSAIO DE DESEMPENHO E QUALIDADE DE OVOS

Nesta sessão são descritos os resultados e discussões dos efeitos da canola integral moída sobre os parâmetros de desempenho produtivo e qualidade interna e externa de ovos de codornas.

4.2.1 Perfil de ácidos graxos da canola e das dietas

O perfil de ácidos graxos das dietas diferiu estatisticamente ($P < 0,05$) nas dietas com canola (C10, C20, C30 e C40) comparados a dieta controle (C0) (Tabela 6). No geral o total de AGS's e AGP's reduziram e AGM's aumentaram, bem como o total de lipídeos em todas as dietas com canola (C10, C20, C30 e C40) comparado a dieta controle (C0) ($P < 0,05$; Tabela 6).

As fontes alternativas de proteína precisam ser estudadas para o uso em rações de aves, pois as fontes até então utilizadas estão se tornando cada vez mais escassas e com custos elevados à medida que a indústria de ração animal compete por fontes de proteína com a indústria de alimentos humanos (NIEMANN; BRAND; HOFFMAN, 2018).

Com uma composição de ácidos graxos saturados (7%), incluindo palmítico e esteárico e altos níveis de ácidos graxos insaturados (61 a 93%), incluindo oleico (51 a 61%), linoléico (17 a 22%) e α -linolênico (6 a 11%), a canola pode fornecer às codornas de postura ácidos graxos essenciais e energia durante a vida produtiva com impacto positivo no ovo e na produção e peso do ovo (IBRAHIM et al., 2020).

O óleo de canola é conhecido por maior quantidade de AGM's, quantidade moderada de AGP's, baixa quantidade de AGS's, mantendo a proporção destes nos alimentos (BEYZI et al., 2019). Essa importância da composição do óleo de canola se reflete nos níveis de lipídeos totais nas rações, pois mesmo com níveis elevados de canola na dieta, a composição de AGP's da canola é benéfica para as aves (Tabela 10).

A canola possui altos teores de óleo (30 a 50%) e de ácidos graxos insaturados (oleico, linoléico e α -linolênico) no grão (TOMM, 2007), uma excelente fonte do ácido α -linolênico (8 a 12%) que pode ser depositado em produtos avícolas destinados ao consumo e importantes para a saúde humana (ASSADI et al., 2011).

O melhoramento genético aprimorou variedades de canola com maior teor de ácidos graxos insaturados e menor teor de fatores antinutricionais (ABDEL-MONEIM et al., 2020). A canola apresentou baixa composição de AGS's (9,20%) e elevada composição de ácidos graxos insaturados com 62,69% de monoinsaturados e 25,10% de poli-insaturados. Dentre os AGM's pode-se destacar o oleico (61,08%) e nos poli-insaturados o linoléico (18,18%) e α -linolênico (6,48%) (Tabela 4). Essa composição da canola influenciou na composição de ácidos graxos das dietas de acordo com os níveis adicionados.

São encontradas variedades com elevada composição de ácidos graxos insaturados (93,44%), principalmente oleico (61,69%), linoléico (22,12%) e α -linolênico (6,32%) (Farrag, 2019).

Tabela 6 – Perfil de ácidos graxos e lipídeos das dietas de codornas com diferentes níveis de 10, 20, 30 e 40% de canola integral moída na dieta.

(continua)

AG's ¹ (%)	C0	vs	C10	P-valor*	C0	vs	C20	P-valor*	C0	vs	C30	P-valor*	C0	vs	C40	P-valor*	CV (%)
C14:0	0,075	vs	0,076	0,974	0,075	vs	0,074	0,8708	0,075	vs	0,063	0,2451	0,075	vs	0,065	0,3252	17,34
C15:0	0,037	vs	0,036	0,6699	0,037	vs	0,033	0,2469	0,037	vs	0,026	0,0137	0,037	vs	0,031	0,1261	14,29
C16:0	14,152	vs	9,943	<0,0001	14,152	vs	7,571	<0,0001	14,152	vs	6,688	<0,0001	14,152	vs	6,131	<0,0001	3,30
C17:0	0,122	vs	0,099	0,0185	0,122	vs	0,091	0,0037	0,122	vs	0,089	0,0026	0,122	vs	0,087	0,0018	10,41
C18:0	3,780	vs	2,812	<0,0001	3,780	vs	2,761	<0,0001	3,780	vs	2,787	<0,0001	3,780	vs	2,697	<0,0001	5,50
C20:0	0,511	vs	0,622	0,016	0,511	vs	0,801	<0,0001	0,511	vs	0,779	<0,0001	0,511	vs	0,816	<0,0001	5,64
C21:0	0,038	vs	0,030	0,054	0,038	vs	0,026	0,0131	0,038	vs	0,026	0,0369	0,038	vs	0,025	0,0121	12,56
C23:0	0,078	vs	0,054	0,0002	0,078	vs	0,048	<0,0001	0,078	vs	0,035	<0,0001	0,078	vs	0,044	<0,0001	9,59
C24:0	0,250	vs	0,216	0,3158	0,250	vs	0,244	0,8717	0,250	vs	0,177	0,0468	0,250	vs	0,216	0,3249	17,88
Total AGS's ²	19,03	vs	13,68	<0,0001	19,03	vs	11,38	<0,0001	19,03	vs	10,65	<0,0001	19,03	vs	10,1	<0,0001	3,53
C16:1	0,165	vs	0,234	0,0024	0,165	vs	0,216	0,0142	0,165	vs	0,223	0,0074	0,165	vs	0,221	0,009	10,02
C17:1	0,057	vs	0,075	0,0115	0,057	vs	0,082	0,0019	0,057	vs	0,090	0,0003	0,057	vs	0,084	0,0011	9,51
C18:1n9t	0,154	vs	0,156	0,9707	0,154	vs	0,129	0,5798	0,154	vs	0,270	0,0256	0,154	vs	0,268	0,028	27,78
C18:1n9c	26,785	vs	46,161	<0,0001	26,785	vs	53,782	<0,0001	26,785	vs	55,827	<0,0001	26,785	vs	57,549	<0,0001	1,95
Vacênico	0,658	vs	1,306	0,0007	0,658	vs	1,608	<0,0001	0,658	vs	2,421	<0,0001	0,658	vs	2,222	<0,0001	9,99
C20:1n9	0,260	vs	0,75	<0,0001	0,260	vs	1,019	<0,0001	0,260	vs	1,056	<0,0001	0,260	vs	1,127	<0,0001	4,66
C22:1n9	0,067	vs	-	0,0036	0,067	vs	0,021	0,0026	0,067	vs	0,044	0,0348	0,067	vs	0,030	0,0096	11,96
C24:1n9	-	vs	0,090	0,0049	-	vs	0,144	0,0085	-	vs	0,122	0,0716	-	vs	0,150	0,0046	15,13
Total AGM's ³	28,15	vs	48,77	<0,0001	28,15	vs	56,99	<0,0001	28,15	vs	60,02	<0,0001	28,15	vs	61,63	<0,0001	2

* Análises de contrastes lineares $P < 0,05$; CV: coeficiente de variação; C0: 0%; C10: 10%; C20: 20%; C30: 30%; C40: 40% de canola integral moída na dieta; ¹ AG's: ácidos graxos: Ácido mirístico (C14:0), ácido pentadecanóico (C15:0), ácido palmítico (C16:0), ácido margárico (C17:0), ácido esteárico (C18:0), ácido araquídico (C20:0), ácido heneicosanoico (C21:0), ácido tricosanoico (C23:0), ácido lignocérico (C24:0), ácido palmitoléico (C16:1), ácido heptadecanóico (C17:1), ácido elaídico (C18:1n9t), ácido oléico (C18:1n9c), ácido vacênico, ácido gondoico (C20:1n9), ácido erúico (C22:1n9), ácido nervônico (C24:1n9), ácido linoléico (C18:2n6), ácido α -linolênico (C18:3n3), ácido γ -linolênico (C18:3n6), ácido eicosadienoico (C20:2n6), ácido dihomo- γ -linolênico (C20:3n6), ácido araquidônico (C20:4n6), ácido eicosapentaenoico (EPA, C20:5n3) e ácido docosahexaenoico (DHA, C22:6n3); ² AGS's: ácidos graxos saturados; ³ AGM's: ácidos graxos monoinsaturados; ⁴ AGP's: ácidos graxos poli-insaturados.

Tabela 6 – Perfil de ácidos graxos e lipídeos das dietas de codornas com diferentes níveis de 10, 20, 30 e 40% de canola integral moída na dieta.

(conclusão)																	
AG's¹ (%)	C0	vs	C10	P-valor*	C0	vs	C20	P-valor*	C0	vs	C30	P-valor*	C0	vs	C40	P-valor*	CV (%)
C18:2n6c	49,367	vs	31,981	<0,0001	49,367	vs	25,245	<0,0001	49,367	vs	22,965	<0,0001	49,367	vs	21,51	<0,0001	3,2
C18:3n3	2,952	vs	4,817	<0,0001	2,952	vs	5,491	<0,0001	2,952	vs	5,787	<0,0001	2,952	vs	6,12	<0,0001	2,6
C18:3n6	0,081	vs	0,024	0,4901	0,081	vs	0,039	0,2574	0,081	vs	0,031	0,8486	0,081	vs	0,036	0,8650	17,44
C20:2n6	0,044	vs	0,06	0,0152	0,044	vs	0,068	0,0019	0,044	vs	0,066	0,0027	0,044	vs	0,072	0,0007	9,46
C20:3n6	0,374	vs	0,345	0,3615	0,374	vs	0,417	0,1866	0,374	vs	0,368	0,8723	0,374	vs	0,407	0,2884	9,72
C20:4n6	-	vs	0,067	0,1216	-	vs	0,105	0,0592	-	vs	0,085	0,3368	-	vs	0,085	0,3368	24,72
C20:5n3	0,029	vs	0,016	0,061	0,029	vs	0,021	0,1232	0,029	vs	0,04	0,0776	0,029	vs	0,038	0,064	14,62
C22:6n3	-	vs	0,025	-	-	vs	0,025	-	-	vs	0,06	-	-	vs	0,031	-	37,29
Total AGP's⁴	52,82	vs	37,55	<0,0001	52,82	vs	31,62	<0,0001	52,82	vs	29,32	<0,0001	52,82	vs	28,26	<0,0001	2,81
Lipídeos totais	1.90	vs	3.10	0,0423	1.90	vs	5.77	<0,0001	1.90	vs	6.57	<0,0001	1.90	vs	8.81	<0,0001	12,13

* Análises de contrastes lineares $P < 0,05$; CV: coeficiente de variação; C0: 0%; C10: 10%; C20: 20%; C30: 30%; C40: 40% de canola integral moída na dieta; ¹ AG's: ácidos graxos: Ácido mirístico (C14:0), ácido pentadecanóico (C15:0), ácido palmítico (C16:0), ácido margárico (C17:0), ácido esteárico (C18:0), ácido araquídico (C20:0), ácido heneicosanoico (C21:0), ácido tricosanoico (C23:0), ácido lignocérico (C24:0), ácido palmitoléico (C16:1), ácido heptadecanóico (C17:1), ácido elaídico (C18:1n9t), ácido oléico (C18:1n9c), ácido vacênico, ácido gondoico (C20:1n9), ácido erúico (C22:1n9), ácido nervônico (C24:1n9), ácido linoléico (C18:2n6), ácido α -linolênico (C18:3n3), ácido γ -linolênico (C18:3n6), ácido eicosadienoico (C20:2n6), ácido dihomo- γ -linolênico (C20:3n6), ácido araquidônico (C20:4n6), ácido eicosapentaenoico (EPA, C20:5n3) e ácido docosahexaenoico (DHA, C22:6n3); ² AGS's: ácidos graxos saturados; ³ AGM's: ácidos graxos monoinsaturados; ⁴ AGP's: ácidos graxos poli-insaturados.

De acordo com o Canola Council of Canada (2020) a composição de ácidos graxos da canola consiste em 7% saturados, 21% de ácido linoléico, 11% ácido α -linolênico e 61% AGM's. Valores também confirmados pela USDA (2018), de 7,14% de AGS's, 57,14% de AGM's e 28,57% de AGP's. Esses considerados essenciais do óleo de canola, definem seu modo de utilização, sabor e odor adequado e influenciam no desempenho produtivo das aves.

O conteúdo de óleo de 11 amostras variou entre 36,9–40,52%, e no conteúdo de ácidos graxos, ácido oleico foi o principal componente (53,95-60,98%), seguido por ácido linoléico (20,42-25,02%), ácido α -linolênico (8,74-9,56%) e palmítico (C16:00, 4,24-6,00%) (BEYZI et al., 2019). Esses valores acima citados de composição de ácidos graxos de diferentes variedades estão próximos dos encontrados no grão de canola em estudo, o que demonstra a manutenção do elevado valor nutricional da canola cultivada em diferentes regiões do mundo para ser utilizada na alimentação de aves.

A canola é uma alternativa que se destaca pela composição elevada de AGM's (61%), baixo nível de AGS's (7%), com destaque para ácido oleico (51,26%), ácido linoléico (17,32%) e ácido α -linolênico (9,38%) (IBRAHIM et al., 2020). São encontradas variedades com elevada composição de ácidos graxos insaturados (93,44%), principalmente oleico (61,69%), linoléico (22,12%) e α -linolênico (6,32%) (Farrag, 2019).

De acordo com o Canola Council of Canada (2020) a composição de ácidos graxos da canola consiste em 7% saturados, 21% de ácido linoléico, 11% ácido α -linolênico e 61% AGM's. Valores também confirmados pela USDA (2018), de 7,14% de AGS's, 57,14% de AGM's e 28,57% de AGP's. Esses considerados essenciais do óleo de canola, definem seu modo de utilização, sabor e odor adequado e influenciam no desempenho produtivo das aves.

Porém a quantidade e qualidade do óleo é dependente do tamanho da semente, onde a variedade em estudo apresentava tamanho pequeno (1,5mm) com uma composição de 16,73% de lipídeos totais (Tabela 4). Essa composição é dependente do tamanho do grão que tem variação com base na nutrição da planta, condições de cultivo, clima e solo e influenciam no crescimento e desenvolvimento, tamanho e rendimento (BEYZI et al., 2019). Contudo, valores mais baixos de ácidos graxos saturados e elevados em insaturados são desejados na variedade de canola, o que possibilita seu uso em diversas finalidades.

4.2.2 Desempenho produtivo

O grupo C10 com 10% de canola na dieta não diferiu significativamente ($P>0,05$) do controle (C0) em todos os parâmetros de desempenho avaliados (Tabela 7). O consumo de ração

(CR), a conversão alimentar (CA; g/dz) e o peso do ovo (PO) reduziram significativamente ($P<0,05$) nos grupos C20, C30 e C40 comparado ao grupo controle (C0) (Tabela 7). A massa de ovos (MO) foi menor nos grupos C30 e C40 e a taxa de postura reduziu no grupo C40 comparados ao grupo controle (C0) ($P<0,05$; Tabela 7). Enquanto a conversão alimentar (CA; g/g) em todos os grupos (C10, C20, C30 e C40) não diferiu do grupo controle (C0) ($P<0,05$; Tabela 7).

O melhoramento da canola permitiu o uso na dieta de aves em níveis mais elevados, e os efeitos no desempenho são diversificados entre os estudos, e essas variações pode depender da quantidade de canola na dieta. Os resultados observados no estudo foram descritos por Abdel-Moneim et al. (2020), com redução no CR de codornas com níveis acima de 10% de canola na dieta de codornas. Porém discordando dos resultados Eratak & Cabuk, (2019) verificaram aumentou no CR e na CA (g/g) com nível de 10% de canola na dieta de codornas. O menor PO de codornas com níveis de até 15% de canola ocorreu mesmo com aumentou do CR, TP e MO, mantendo a CA (g/g) sem diferenças (IBRAHIM et al., 2020).

Os resultados no estudo estão em acordo com o nível de até 20% de canola na dieta de galinhas, pois não alterou os parâmetros de desempenho produtivo (CR, CA (kg/kg), TP e MO) e a qualidade dos ovos (CIURESCU, 2009). O uso de canola na dieta de galinhas em até 15%, resultou em menor CR, mas sem diferenças na TP, PO e CA (kg/kg) (JIA et al., 2008). Segundo os autores o CR é regulado pelo nível de energia da dieta, ou seja, aves apresentam menor ou maior consumo, para atender às exigências. Rações mais energéticas melhoram a CA, pois resultam em menor CR, sem diferenças na produção de ovos (TP). Porém, o aumento do teor energético das rações acarreta em redução no PO, e uma possível explicação para esta redução nos grupos C20, C30 e C40 esta relacionada ao menor CR e menor aporte de nutrientes.

O nível de energia e proteína tem correlação positiva com a produção de ovos. O menor aporte de proteína devido ao menor CR com níveis energéticos mais elevados, resulta em menor produção de ovos (TP), e influencia no tamanho dos ovos. O PO pode ser alterado pelo nível de proteína, aminoácidos e linoléico da dieta (MORAES et al., 2015). Deficiência de ácidos graxos essenciais como ácido linoléico tem efeito no PO (JENSEN; SHUTZE, 1963). Porém esse efeito não é resultado de dietas deficientes em ácido linoléico, pois não ocorre na composição das dietas experimentais (Tabela 4).

O conteúdo de fibra de um alimento também é considerado um fator limitante para aves, pois interfere na utilização de energia, acelerando a taxa de passagem da digesta, que por sua vez, pode resultar em tempo reduzido para digestão e absorção, portanto, reduzir a utilização de nutrientes (KHAJALI; SLOMINSKI, 2012; TOGHYANI; SWICK; BAREKATAIN, 2017).

Tabela 7 – Valores médios para consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA), taxa de postura (TP), peso do ovo (PO) e massa de ovo (MO) de codornas alimentadas com diferentes níveis de 0, 10, 20, 30 e 40% de canola integral moída na dieta.

Parâmetro	C0	vs	C10	P-valor*	C0	vs	C20	P-valor*	C0	vs	C30	P-valor*	C0	vs	C40	P-valor*	CV (%)
CR (g/ave/dia)	30,8	vs	29,9	0,1196	30,8	vs	28,2	<0,0001	30,8	vs	27,7	<0,0001	30,8	vs	27,0	<0,0001	3,79
CA (g/dz)	0,39	vs	0,38	0,6681	0,39	vs	0,37	0,0280	0,39	vs	0,37	0,0072	0,39	vs	0,36	0,0385	4,90
CA (g/g)	2,72	vs	2,84	0,1207	2,72	vs	2,63	0,2532	2,72	vs	2,66	0,4471	2,72	vs	2,77	0,5646	5,22
TP (%)	94,7	vs	90,6	0,1004	94,7	vs	91,9	0,2562	94,7	vs	91,9	0,2667	94,7	vs	87,7	0,0069	4,89
PO (g)	12,0	vs	11,8	0,1787	12,0	vs	11,7	0,0217	12,0	vs	11,3	<0,0001	12,0	vs	11,2	<0,0001	2,00
MO (g)	11,4	vs	10,9	0,2149	11,4	vs	10,8	0,1108	11,4	vs	10,4	0,0155	11,4	vs	9,83	0,0002	6,33

*Análises de contrastes lineares $P < 0,05$; CV: coeficiente de variação; os resultados foram apresentados como a média dos quatro ciclos de produção (28, 56, 84 e 112 dias); C0: 0%; C10: 10%; C20: 20%; C30: 30%; C40: 40% de canola integral moída na dieta.

Efeito verificado em estudo com a substituição do farelo de soja por canola em até 50% na dieta de codornas, não alterou a TP, porém o PO reduziu, mesmo com o aumento os níveis de linoléico, efeito que se deve ao aumento de fibras na dieta que compromete a digestibilidade dos nutrientes, pois acelera a taxa de passagem e resulta em tempo menor de digestão e absorção, associado ao menor desempenho (MORAES et al., 2015).

Segundo Assadi et al. (2011), o alto teor de fibra (17,9% de FDN e FDA) da canola são considerados os principais fatores para o uso restrito na alimentação de aves, pois limita o CR, e as aves têm dificuldade para digerir fibra (CAMELO et al., 2015). Porém sabe-se que o uso incompleto da energia da canola, é um efeito atribuído em parte ao nutriente encapsulado por polissacarídeos de parede celular, devido a rompimento insuficiente de células contendo óleo durante o processo de moagem ou durante a digestão na moela das aves, com parte do óleo não digerido no intestino delgado (MENG et al., 2006).

Assim como o menor aporte de proteína devido ao menor CR com níveis energéticos mais elevados, resulta em menor TP, e influencia no PO e na MO. O que pode ser explicado pelo menor PO e menor CR devido ao menor aporte de nutrientes como proteína, aminoácidos essenciais e ácido linoléico da dieta (MORAES et al., 2015).

Outros fatores são descritos como atuantes na redução do CR, porém não são totalmente claros, como os níveis residuais de isotiocianato, resultando da quebra de glucosinolatos, fatores antinutricionais da canola que reduz a palatabilidade. A canola contém glucosinolatos (sinigrina e progoitrina), embora em baixos níveis esses compostos podem afetar o sabor da ração e influenciar na redução do CR devido ao sabor amargo, ácido e cáustico.

Da mesma forma, o ácido α -linolênico é instável e pode oxidar rapidamente e desenvolver aromas desagradáveis e um sabor rançoso durante o armazenamento (BRAND et al., 2019). Assim como a composição percentual de ácidos graxos essenciais da canola está envolvida em seu modo de utilização, pois devido as numerosas duplas ligações os AGP's são oxidados mais rapidamente do que AGM's (GÜL et al., 2012), com danos na palatabilidade e qualidade das rações. A oxidação lipídica é a principal causa da perda de qualidade da ração, pois pode comprometer o sabor, aroma, cor e textura, com danos na palatabilidade das rações e efeitos sobre o desempenho produtivo das aves.

A inclusão de até 13% de canola na dieta de frangos de corte diminuiu o CR, efeito que os autores atribuíram a reduzida palatabilidade, devido a presença da enzima mirosinase responsável por quebrar os glucosinolatos em compostos extremamente amargos de isotiocianatos e goitrina (BAREKATAIN et al., 2015).

A redução do CR com níveis crescentes de canola pode ser atribuída a vários fatores antinutricionais, incluindo fibras, glucosinolatos e sinapina presentes na canola. Tanto o glucosinolato quanto a sinapina fornecem um sabor amargo e podem ser responsáveis pela diminuição do CR. Além disso, os glucosinolatos podem ser hidrolisados e formar glucosinolatos tóxicos, que também podem reduzir o CR. O teor de fibra nas dietas pode acelerar a taxa de passagem da digesta, o que resulta em um tempo mais curto para a digestão e absorção de nutrientes além de aumentar a saciedade (MORAES et al., 2015).

Em estudo analogo com galinhas, o nível de 15% de canola na dieta reduziu a produção de ovos, o consumo de ração, o peso do ovo, a massa de ovos e a conversão alimentar (g/g), devido a menor disponibilidade de nutrientes (AGAH et al., 2010).

4.2.3 Composição química do ovo

Nos ovos frescos não houve diferenças significativas ($P>0,05$) nos grupos com canola na dieta (C10, C20, C30 e C40) comparados ao grupo controle (C0) para gravidade específica, unidade Haugh, índice gema, pH da gema, pH de albúmen, porcentagem de gema, porcentagem de casca, porcentagem de albúmen, espessura de casca, resistência da casca e luminosidade na gema (Tabela 8). Porém a cor da gema e intensidade de amarelo (b^*) na gema de ovos frescos foram maiores em todos os grupos com canola (C10, C20, C30 e C40) comparado ao grupo controle (C0) ($P<0,05$; Tabela 8).

A GE tem sido usada como medida de RC e qualidade de casca, pois o conteúdo do ovo (gema e albúmen) mantém a gravidade constante e qualquer diferença está relacionada à quantidade de deposição de cálcio, no entanto 15% de canola manteve a GE em ovos de galinhas (JIA et al., 2008).

Os resultados não significativos nos parâmetros de qualidade de ovos concordam com estudo anterior que observou nenhum efeito na qualidade dos ovos de galinhas com níveis de 10 e 15% de canola na dieta (IBRAHIM et al., 2020). Um estudo semelhante de Najib & Al-Khateeb (2004) também relataram nenhum impacto negativo nos parâmetros de qualidade dos ovos em galinhas poedeiras alimentados com até 10% na dieta.

Assim como nos ovos frescos em ovos armazenados não foram observadas diferenças significativas ($P>0,05$) dos grupos com canola (C10, C20, C30 e C40) comparados ao grupo controle (C0) para gravidade específica, unidade Haugh, índice gema, pH da gema, pH de albúmen, porcentagem de gema, porcentagem de casca, porcentagem de albúmen, espessura de

casca, perda de peso em ovos de codornas armazenados (Tabela 9). No entanto a cor da gema foi maior nos grupos C20, C30 e C40 comparado ao grupo controle (C0) (Tabela 9).

Pesquisa recente de Ibrahim et. (2020), não apresentou diferenças na qualidade de ovos para os parâmetros de porcentagem de casca, albúmen e gema, índice gema, espessura de casca e Unidade Haugh com até 15% de canola na dieta de codornas.

Em ovos de codornas, tem sido comum a ocorrência de gema "*in natura*" produzida com baixa pigmentação, com redução na coloração das gemas de ovos cozidos, a forma mais frequente de consumo. Ovos cozidos com gemas pouco pigmentadas são menos atrativos para o consumidor e uma solução possível é a inclusão de corantes lipossolúveis às rações, que aumenta a deposição de carotenóides e a coloração das gemas (OLIVEIRA et al., 2007).

O aumento na cor da gema está diretamente relacionado à presença de carotenóides na dieta conforme se elevou o nível de canola. Assim a maior intensidade de amarelo se deve ao aumento da biodisponibilidade de carotenóides, conhecidos como xantofilas, com o nível mais alto de óleo na dieta, uma vez que são pigmentos lipossolúveis presentes na canola responsáveis pela cor laranja, amarela e vermelha (MORAES et al., 2015).

A pigmentação da gema pode mudar dependendo do perfil de ácidos graxos dos alimentos utilizados nas rações. O resultado do presente estudo está de acordo com (NAJIB; AL-KHATEEB, 2004), que verificaram aumento linear da cor amarela, mais escura da gema de ovos de galinhas com níveis de até 30% de canola na dieta. Essa maior intensidade de cor influencia a escolha pelo consumidor, a qual ainda é associada às propriedades sensoriais e nutricionais dos ovos, com maior aceitação (MORAES et al., 2017).

O efeito no aumento da cor da gema de ovos de codornas se manteve nos ovos armazenados por 30 dias com o nível de 40% de canola comparado ao controle (0%) (Tabela 9). A inclusão de óleo na dieta auxilia na transferência de carotenóides da ração para a gema de ovo, pois a absorção de pigmentos carotenóides e xantofilas no intestino é otimizada quando os lipídeos são adicionados à dieta (FAITARONE et al., 2016).

4.2.4 Status antioxidante do ovo

A análise TBARS é uma maneira eficiente de medir a atividade antioxidante em produtos de origem animal, um indicador de MDA, produto da oxidação que aumenta durante o armazenamento (KHAOUCHENE; BOUDEROUA; MOUROT, 2016).

Tabela 8 – Valores médios obtidos para gravidade específica (GE:g/cm³), unidade haugh (UH), índice gema (IG), pH da gema (pH-G), pH do albúmen (pH-A), porcentagem de gema (PG:%), porcentagem de casca (PC:%), porcentagem de albúmen (PA:%), espessura de casca (EC:mm), resistência da casca (RC:kgf), cor de gema (CG), luminosidade (L), intensidade de vermelho (a), intensidade de amarelo (b) e substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS:mg MDA/kg gema) de ovos frescos de codornas com diferentes níveis de 0, 10, 20, 30 e 40% de canola integral moída na dieta.

Parâmetro	C0	vs	C10	P-valor**	C0	vs	C20	P-valor**	C0	vs	C30	P-valor**	C0	vs	C40	P-valor**	CV (%)
GE	1,073	vs	1,074	0,4377	1,072	vs	1,074	0,3527	1,072	vs	1,073	0,8760	1,072	vs	1,074	0,2179	0,16
UH	90,4	vs	89,47	0,0933	90,4	vs	90,21	0,7361	90,4	vs	90,28	0,8338	90,4	vs	89,92	0,3753	1,11
IG	0,515	vs	0,522	0,2261	0,515	vs	0,523	0,1756	0,520	vs	0,52	0,3582	0,518	vs	0,518	0,6712	2,04
pH-G	5,79	vs	5,78	0,8494	5,79	vs	5,83	0,5985	5,79	vs	5,83	0,5985	5,79	vs	5,79	0,9327	2,16
pH-A	8,45	vs	8,43	0,4972	8,45	vs	8,45	0,7593	8,45	vs	8,41	0,2953	8,45	vs	8,43	0,5188	0,92
PG	31,23	vs	31,17	0,8604	31,23	vs	30,61	0,0768	31,23	vs	31,04	0,5757	31,23	vs	30,84	0,2563	2,04
PC	7,91	vs	7,98	0,6004	7,91	vs	8,15	0,0943	7,91	vs	8,07	0,2638	7,91	vs	7,94	0,8199	3,34
PA	60,86	vs	60,85	0,9758	60,86	vs	61,24	0,3165	60,86	vs	60,90	0,9244	60,86	vs	61,23	0,3403	1,14
EC	0,232	vs	0,229	0,2702	0,232	vs	0,228	0,1304	0,232	vs	0,228	0,1905	0,232	vs	0,226	0,0613	2,70
RC	1341,8	vs	1367,9	0,7976	1341,8	vs	1461,7	0,2447	1341,8	vs	1245,9	0,3502	1341,8	vs	1347	0,9594	13,97
CG	4,67	vs	5,16	0,0031	4,67	vs	5,71	<0,0001	4,67	vs	6,29	<0,0001	4,67	vs	6,33	<0,0001	5,03
L	62,74	vs	62,75	0,9992	62,74	vs	63,81	0,4683	62,74	vs	61,68	0,4689	62,74	vs	64,31	0,2891	4,29
a*	-9,2	vs	-9,21	0,9914	-9,2	vs	-9,28	0,7879	-9,2	vs	-9,27	0,8170	-9,2	vs	8,92	0,2839	5,37
b*	41,25	vs	44,40	0,0392	41,25	vs	46,49	0,0012	41,25	vs	46,99	0,0005	41,25	vs	50,98	<0,0001	5,98
TBARS	2,25	vs	1,25	0,0003	2,25	vs	0,65	<0,0001	2,25	vs	0,86	<0,0001	2,25	vs	0,92	<0,0001	30,64

**Análises de contrastes lineares P<0,05; CV: coeficiente de variação; os resultados foram apresentados como a média dos quatro ciclos de produção (28, 56, 84 e 112 dias); C0: 0%; C10: 10%; C20: 20%; C30: 30%; C40: 40% de canola integral moída na dieta.

Tabela 8 – Valores médios obtidos para gravidade específica (GE:g/cm³), unidade haugh (UH), índice gema (IG), pH da gema (pH-G), pH do albúmen (pH-A), porcentagem de gema (PG:%), porcentagem de casca (PC:%), porcentagem de albúmen (PA:%), perda de peso (PP:g), espessura de casca (EC:mm), resistência da casca (RC:kgf), cor de gema (CG), luminosidade (L), intensidade de vermelho (a), intensidade de amarelo (b) e substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS:mg MDA/kg gema) de ovos de codornas armazenados por 30 dias de codornas com diferentes níveis de 0, 10, 20, 30 e 40% de canola integral moída na dieta.

Parâmetro	C0	vs	C10	P-valor*	C0	vs	C20	P-valor*	C0	vs	C30	P-valor*	C0	vs	C40	P-valor*	CV (%)
GE	1,055	vs	1,056	0,0929	1,055	vs	1,056	0,3292	1,055	vs	1,056	0,0565	1,055	vs	1,056	0,0929	0,10
UH	79,05	vs	79,44	0,5951	79,05	vs	80,01	0,1964	79,05	vs	79,79	0,3161	79,05	vs	80,41	0,0724	1,71
IG	0,447	vs	0,452	0,6658	0,447	vs	0,458	0,3777	0,447	vs	0,454	0,5779	0,447	vs	0,452	0,6740	5,15
pH-G	6,15	vs	6,07	0,5384	6,15	vs	6,03	0,3295	6,15	vs	6,03	0,3521	6,15	vs	5,95	0,1146	3,84
pH-A	8,90	vs	8,83	0,1856	8,90	vs	8,82	0,1304	8,90	vs	8,81	0,1032	8,90	vs	8,80	0,0850	1,21
PG	33,62	vs	34,80	0,2634	33,62	vs	34,29	0,5176	33,62	vs	35,50	0,0793	33,62	vs	34,35	0,4857	5,61
PC	7,84	vs	8,26	0,0754	7,84	vs	7,82	0,9044	7,84	vs	8,08	0,3072	7,84	vs	8,25	0,0783	5,21
PA	58,54	vs	56,95	0,1434	58,54	vs	57,89	0,5465	58,54	vs	56,43	0,0559	58,54	vs	57,40	0,2929	3,46
EC	0,231	vs	0,238	0,3203	0,231	vs	0,241	0,1483	0,231	vs	0,239	0,2143	0,231	vs	0,229	0,8312	5,28
PP	2,56	vs	2,70	0,5000	2,56	vs	2,69	0,5210	2,56	vs	2,72	0,4632	2,56	vs	2,63	0,7302	14,99
CG	4,71	vs	4,86	0,5116	4,71	vs	5,21	0,0270	4,71	vs	5,21	0,0270	4,71	vs	5,57	0,0004	7,87
TBARS	3,97	vs	3,75	0,3517	3,97	vs	3,72	0,2920	3,97	vs	3,86	0,6178	3,97	vs	3,74	0,3350	9,66

*Análises de contrastes lineares $P < 0,05$; CV: coeficiente de variação; os resultados foram apresentados como a média dos quatro ciclos de produção (28, 56, 84 e 112 dias); C0: 0%; C10: 10%; C20: 20%; C30: 30%; C40: 40% de canola integral moída na dieta.

A análise mostrou diferenças significativas na oxidação dos lipídeos da gema entre os tratamentos, conforme demonstrado pelos valores de TBARS com menor grau de oxidação de lipídeos de ovos de codornas alimentadas com canola nas dietas.

O status antioxidante de ovos de codornas é muito influenciado pelo uso de canola na dieta. O conteúdo de malonaldeído na gema de ovos frescos foi menor nos grupos que receberam canola na dieta (C10, C20, C30 e C40) comparados ao grupo controle (C0) ($P < 0,05$; Tabela 8). No entanto em ovos armazenados não houve diferença significativa ($P > 0,05$) para os níveis de TBARS entre os grupos com canola (C10, C20, C30 e C40) comparados ao grupo controle (C0) (Tabela 9).

A redução significativa da peroxidação lipídica na gema de ovos de codornas com canola nas dietas pode ser atribuída principalmente aos ácidos graxos insaturados e constituintes fitoquímicos como compostos fenólicos, flavonoides e α -tocoferóis (vitamina E) presentes na canola como fonte natural de antioxidantes, transferidos para os ovos (ABDEL-MONEIM et al., 2020; IBRAHIM et al., 2020). Níveis de TBARS na carne de frangos de corte reduziram com canola na dieta e este efeito foi atribuído ao conteúdo de ácidos AGP's no grão de canola (SALEH et al., 2015).

A vitamina E atua como um antioxidante não enzimático, sendo o α -tocoferol o principal antioxidante capaz de interromper reações de oxidação envolvendo radicais livres. Este isômero age diretamente removendo radicais peroxil e consequentemente atua na proteção dos ácidos graxos poli-insaturados das membranas celulares e lipoproteínas (GRILO et al., 2015). Porém sabe-se que ovos, que são ricos em AGP's, são relatados como mais propensos à oxidação devido ao alto nível de instauração que contêm (HAYAT et al., 2010). Isso pode ser verificado nos níveis de MDA da gema de ovos armazenados por 30 dias que não diferiram ($P > 0,05$) entre os grupos estudados (Tabela 9).

A oxidação lipídica de AGP's nas membranas celulares e paredes de tecido está associado ao aumento destes nas membranas celulares o qual potencializa este processo, e afeta a atividade metabólica de hepatócitos no fígado que, consequentemente reduz a síntese de liberação de precursores de gema, diminuindo assim também o PO e a qualidade (AHMAD et al., 2013). Efeito de oxidação também avaliado com aumento das concentrações de MDA na carne de peito e coxa de codornas durante o armazenamento com níveis de 1 e 3% de canola (SABOW; HADDAD; NAKYINSIGE, 2020).

A oxidação dos lipídeos aumenta com a idade do ovo, como os ácidos AGP's possuem várias ligações duplas, são muito suscetíveis à oxidação, portanto, as gemas enriquecidas com esses são mais suscetíveis à deterioração lipídica. O maior grau de insaturação do ácido α -

linolênico seria responsável pelo maior grau de oxidação dos lipídeos da gema. É possível que, caso o antioxidante (BHT) não fosse incluído nas dietas experimentais, fosse detectada uma oxidação mais expressiva dos lipídeos dos ovos armazenados (FAITARONE et al., 2016).

Além disso, quando os lipídeos da dieta produzem peróxidos, a pigmentação da gema pode ser afetada negativamente devido à oxidação dos carotenoides (FAITARONE et al., 2016). Porém este efeito não foi evidenciado nos resultados de ovos armazenados onde a maior pigmentação da gema se manteve de acordo com os níveis de canola na dieta (Tabela 9).

4.2.5 Perfil de ácidos graxos no ovo

Os componentes do ovo (lipídeos) podem ser facilmente alterados pela manipulação da dieta (FAITARONE et al., 2013). A adição de canola na dieta de codornas visa alterar o perfil lipídico de ovos, que representa uma excelente estratégia de mercado para atender a um segmento de consumidores que busca alimentos que beneficiem a saúde (DA SILVA FILARDI et al., 2005).

Os resultados do perfil de ácidos graxos dos ovos de codornas estão apresentados na Tabela 10. Em geral a soma total de AGS's reduziu e a de AGP's aumentou em ovos dos grupos com canola (C10, C20, C30 e C40) comparado ao grupo controle (C0) ($P < 0,05$; Tabela 10). Na soma total dos AGM's houve aumento nos grupos C30 e C40 comparado ao grupo controle (C0) ($P < 0,05$; Tabela 10). E o total de lipídeos dos ovos aumentaram nos grupos C10, C20 e C30 comparado ao grupo controle (C0) ($P < 0,05$; Tabela 10).

Em estudo com codornas, a utilização do óleo de canola modificou o perfil de ácidos graxos na gema, elevando a concentração dos níveis de AGM's, principalmente o oleico, com baixos níveis de AGP's como o α -linolênico, sem afetar outras características de qualidade do ovo (ROLL et al., 2016). Esse efeito foi confirmado no presente estudo com o aumento nos níveis de AGM's, principalmente o oleico a partir de 20% de canola na dieta comparado ao controle.

Os AGM's como o ácido oleico, desempenham um papel importante na saúde humana, ao prevenir a dislipidemia, associada a doenças cardíacas, obesidade, diabetes e demais distúrbios. O ácido oleico tem sido associado à diminuição dos níveis séricos de colesterol total e de lipoproteína de baixa densidade (LDL), com aumento de colesterol de lipoproteína de alta densidade (HDL) (AKTER et al., 2018; ROLL et al., 2016). Galinhas com dietas contendo 10,1% de farelo e 3,2% de óleo de canola apresentaram aumento de AGM's (oleico) (MILINSK et al., 2003), efeito observado no estudo.

Tabela 9 – Perfil de ácidos graxos e lipídeos de ovos inteiros de codornas com diferentes níveis de 0, 10, 20, 30 e 40% de canola integral moída na dieta.

(continua)

AG's (%) ¹	C0	vs	C10	P-valor*	C0	vs	C20	P-valor*	C0	vs	C30	P-valor*	C0	vs	C40	P-valor*	CV (%)
C14:0	0,343	vs	0,362	0,5164	0,343	vs	0,348	0,8668	0,343	vs	0,298	0,1268	0,343	vs	0,28	0,0376	12,08
C15:0	0,042	vs	0,042	0,9065	0,042	vs	0,044	0,2510	0,042	vs	0,044	0,3546	0,042	vs	0,047	0,0241	6,81
C16:0	24,895	vs	24,03	0,1303	24,895	vs	23,051	0,0039	24,895	vs	22,134	0,0001	24,895	vs	21,076	<0,0001	3,32
C17:0	0,148	vs	0,152	0,5970	0,148	vs	0,163	0,0691	0,148	vs	0,177	0,0015	0,148	vs	0,187	0,0001	6,34
C18:0	11,14	vs	10,738	0,1898	11,14	vs	10,925	0,4737	11,14	vs	10,67	0,1284	11,14	vs	11,077	0,8337	3,79
C20:0	4,668	vs	4,356	0,1318	4,668	vs	4,541	0,5250	4,668	vs	4,915	0,2275	4,668	vs	4,874	0,3108	5,93
C22:0	0,092	vs	0,091	0,8985	0,092	vs	0,098	0,6629	0,092	vs	0,066	0,0661	0,092	vs	0,052	0,0096	23,93
Total AGS ²	41,33	vs	39,77	0,0197	41,33	vs	39,16	0,0025	41,33	vs	38,30	0,0001	41,33	vs	37,60	<0,0001	2,15
C14:1	0,058	vs	0,065	0,2834	0,058	vs	0,048	0,1927	0,058	vs	0,044	0,0671	0,058	vs	0,040	0,0193	19,31
C16:1	3,598	vs	3,877	0,0538	3,598	vs	3,220	0,0125	3,598	vs	3,025	0,0006	3,598	vs	2,739	<0,0001	5,72
C17:1	0,098	vs	0,106	0,4435	0,098	vs	0,122	0,0249	0,098	vs	0,117	0,0712	0,098	vs	0,112	0,1695	12,17
C18:1n9t	0,369	vs	0,354	0,5929	0,369	vs	0,335	0,2494	0,369	vs	0,276	0,0051	0,369	vs	0,281	0,0073	12,42
C18:1n9c	44,931	vs	45,522	0,3028	44,931	vs	46,74	0,0052	44,931	vs	48,041	<0,0001	44,931	vs	48,398	<0,0001	1,68
Vacênico	1,758	vs	1,907	0,0923	1,758	vs	1,767	0,9173	1,758	vs	1,566	0,0500	1,758	vs	1,526	0,0133	6,87
C20:1n9	0,288	vs	0,298	0,8188	0,288	vs	0,459	0,0014	0,288	vs	0,487	0,0004	0,288	vs	0,505	0,0002	15,26
C24:1n9	0,463	vs	0,073	<0,0001	0,463	vs	0,121	<0,0001	0,463	vs	0,074	<0,0001	0,463	vs	0,03	<0,0001	31,19
Total AGM ³	51,563	vs	52,202	0,2985	51,563	vs	52,812	0,0525	51,563	vs	53,629	0,0033	51,563	vs	53,629	0,0033	1,59

* Análises de contrastes lineares $P < 0,05$; CV: coeficiente de variação; C0: 0%; C10: 10%; C20: 20%; C30: 30%; C40: 40% de canola integral moída na dieta; ¹ Ácido mirístico (C14:0), ácido pentadecanóico (C15:0), ácido palmítico (C16:0), ácido margárico (C17:0), ácido esteárico (C18:0), ácido araquídico (C20:0), ácido behênico (C22:0), ácido miristoléico (C14:1), ácido palmitoléico (C16:1), ácido heptadecanóico (C17:1), ácido eláidico (C18:1n9t), ácido oleico (C18:1n9c), ácido vacênico, ácido gondoico (C20:1n9), ácido nervônico (C24:1n9), ácido linoléico (C18:2n6), ácido γ -linolênico (C18:3n6), ácido α -linolênico (C18:3n3), ácido eicosadienoico (C20:2n6), ácido araquidônico (C20:4n6), ácido eicosapentaenoico (EPA, C20:5n3) e ácido docosahexaenoico (DHA, C22:6n3). ¹AG: ácidos graxos; ²AGS's: ácidos graxos saturados; ³AGM's: ácidos graxos monoinsaturados; ⁴AGP's: ácidos graxos poli-insaturados; ^{5,6}R: relação.

Tabela 9 – Perfil de ácidos graxos e lipídeos de ovos inteiros de codornas com diferentes níveis de 0, 10, 20, 30 e 40% de canola integral moída na dieta.

(conclusão)

AG's (%) ¹	C0	vs	C10	P-valor*	C0	vs	C20	P-valor*	C0	vs	C30	P-valor*	C0	vs	C40	P-valor*	CV (%)
C18:2n6	4,613	vs	4,838	0,2306	4,613	vs	4,639	0,8859	4,613	vs	4,839	0,2281	4,613	vs	5,250	0,003	5,26
C18:3n6	0,117	vs	0,116	0,9463	0,117	vs	0,108	0,2494	0,117	vs	0,102	0,0508	0,117	vs	0,094	0,0071	9,61
C18:3n3	0,211	vs	0,338	<0,0001	0,211	vs	0,400	<0,0001	0,211	vs	0,445	<0,0001	0,211	vs	0,580	<0,0001	6,43
C20:2n6	0,110	vs	0,122	0,2444	0,11	vs	0,132	0,0442	0,11	vs	0,116	0,5701	0,11	vs	0,118	0,4318	11,74
C20:4n6	0,919	vs	0,914	0,9089	0,919	vs	0,828	0,0335	0,919	vs	0,704	<0,0001	0,919	vs	0,733	0,0002	6,67
C20:5n3	0,516	vs	0,482	0,4582	0,516	vs	0,448	0,1542	0,516	vs	0,417	0,0443	0,516	vs	0,433	0,084	13,86
C22:6n3	0,320	vs	0,827	<0,0001	0,320	vs	0,914	<0,0001	0,320	vs	0,914	<0,0001	0,320	vs	0,960	<0,0001	15,24
Total AGP ⁴	6,805	vs	7,637	0,0157	6,805	vs	7,469	0,0461	6,805	vs	7,535	0,0303	6,805	vs	8,167	0,0005	5,74
R C18:2n6:C18:3n3 ⁵	21,85	vs	14,33	<0,0001	21,85	vs	11,62	<0,0001	21,85	vs	10,92	<0,0001	21,85	vs	9,06	<0,0001	6,18
R ω-6:ω-3 ⁶	5,6	vs	3,64	<0,0001	5,6	vs	3,25	<0,0001	5,6	vs	3,29	<0,0001	5,6	vs	3,14	<0,0001	10,18
Lipídeos totais	16,255	vs	14,26	0,0014	16,255	vs	14,248	0,0013	16,255	vs	13,93	0,0004	16,255	vs	15,67	0,2682	4,84

* Análises de contrastes lineares P<0,05; CV: coeficiente de variação; C0: 0%; C10: 10%; C20: 20%; C30: 30%; C40: 40% de canola integral moída na dieta; ¹ Ácido mirístico (C14:0), ácido pentadecanóico (C15:0), ácido palmítico (C16:0), ácido margárico (C17:0), ácido esteárico (C18:0), ácido araquídico (C20:0), ácido behênico (C22:0), ácido miristoléico (C14:1), ácido palmitoléico (C16:1), ácido heptadecanóico (C17:1), ácido elaídico (C18:1n9t), ácido oleico (C18:1n9c), ácido vacênico, ácido gondoico (C20:1n9), ácido nervônico (C24:1n9), ácido linoléico (C18:2n6), ácido γ-linolênico (C18:3n6), ácido α-linolênico (C18:3n3), ácido eicosadienoico (C20:2n6), ácido araquidônico (C20:4n6), ácido eicosapentaenoico (EPA, C20:5n3) e ácido docosahexaenoico (DHA, C22:6n3). ¹AG: ácidos graxos; ²AGS's: ácidos graxos saturados;

³AGM's: ácidos graxos monoinsaturados; ⁴AGP's: ácidos graxos poli-insaturados; ^{5,6}R: relação.

O aumento de canola resultou em proporções crescentes de oleico, reduzidas de linoléico e araquidônico e significativamente maiores de α -linolênico na gema de ovos de galinhas alimentadas com até 25% de canola na dieta (ROTH-MAIER, 1999). O nível de oleico aumentou significativamente nos grupos com maiores níveis de canola na dieta (20,30 e 40%), comparado ao grupo controle (0%) (Tabela 11). O ácido α -linolênico foi maior e araquidônico foi menor na carne de frango e oleico foi maior, constituinte predominante em dietas com 15% de canola (KAMRAN AZAD; RAHIMI; KARIMI TORSHIZI, 2009).

O excesso de ácido α -linolênico na dieta proporciona redução da síntese do ácido araquidônico, a partir do ácido linoléico, devido à competição existente entre o linoléico e o α -linolênico pela enzima desaturase, envolvida na desaturação destes ácidos, que teria maior afinidade por este último ácido graxo. O excesso de ácido α -linolênico nas dietas limita a síntese de ácido araquidônico, resultando em baixos valores deste ácido na gema do ovo (PITA et al., 2006). O que pode ser evidenciado nos grupos C30 e C40 com redução de araquidônico nos ovos, devido ao aumento de canola nas dietas e maior disponibilidade de α -linolênico.

Nos resultados de AGP's podemos destacar o aumento de linoléico e α -linolênico, com consequente elevação de DHA em ovos de todos os grupos com canola na dieta. O linoléico é principal ácido graxo ω -6 e o α -linolênico é o principal ácido graxo ω -3, ambos obtidos por meio da dieta ou produzidos pelo organismo pela ação das enzimas alongase e dessaturase (MARTIN et al., 2006).

Estudos mostram que o consumo destes ácidos graxos essenciais, desencadeia uma série de reações químicas mediadas por enzimas desaturases e alongases no organismo animal. Estes lipídeos são convertidos em outros ácidos de cadeia longa, como o araquidônico, EPA e DHA. Nestas reações há competição entre estas enzimas, de modo que a ingestão em excesso de AGP's ω -6 limita a formação dos AGP's ω -3 no organismo animal e vice-versa (CEDRO et al., 2010).

Assim como no corpo humano, o linoléico é metabolizado em araquidônico, e o α -linolênico em eicosapentaenoico (EPA), docosaheptaenóico (DHA) e docosapentaenóico (DPA) (AGAH et al., 2010; NAIN et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2010; SIMOPOULOS, 2000). Neste trabalho foi possível detectar a deposição de EPA e DHA na gema dos ovos das aves que receberam dietas com canola.

A gema de ovos de galinhas com 16% de canola na dieta, foi enriquecida com EPA, DHA e DPA, o que demonstra que o α -linolênico é convertido nas aves e depositado na gema do ovo (CHERIAN & SIM, 1991). No organismo da ave, o α -linolênico presente no fígado compete com maior afinidade pela enzima delta-6-dessaturase e enriquece o ovo com um

aumento de ω -3 (EPA e DHA) depositado na gema (YALÇIN; ÜNAL, 2010). Ambos os ácidos linoléico e α -linolênico competem pela mesma enzima, e o aumento de um afeta a incorporação de ácidos graxos nas membranas.

A relação linoléico: α -linolênico e ω -6: ω -3, reduziram em todos os grupos com canola (C10, C20, C30 e C40) comparadas ao grupo controle (C0) ($P < 0,05$; Tabela 10). O perfil lipídico mais saudável já foi descrito com nível de até 15% de canola na dieta de galinhas, elevando o valor nutricional do ovo, com a relação linoleico: α -linolênico de 13,16 e de ω -6: ω -3 de 7,33 (AGAH et al., 2010). Este valor médio da relação linoleico: α -linolênico estava de acordo com os valores do nosso estudo com redução da relação de acordo com o aumento dos níveis na dieta (Tabela 10).

No que se refere a relação ω -6: ω -3, os valores encontrados estão de acordo com Jia et al. (2008), que resultou em média de 3,60 em ovos de galinha com nível de 15% de canola na dieta. A relação ω -6: ω -3 dos ovos é considerada satisfatória, pois de acordo com diversos estudos, para que se tenha um balanço correto da cadeia de transformação dos ácidos graxos essenciais, o consumo da relação ω -6: ω -3 deve ser de no máximo 4:1 (CEDRO et al., 2010).

De acordo com Martin et al. (2006), os valores médios de vários estudos para a relação é de 4:1 a 5:1, com a recomendação de 2:1 e 3:1 por alguns autores, onde a relação inferior à 1:1 não é recomendada. Uma menor relação ω -6: ω -3, também foi observada no músculo de frangos de corte com até 15% de canola na dieta (KAMRAN AZAD; RAHIMI; KARIMI TORSHIZI, 2009). Porém com 5% de canola na dieta de frangos elevou a relação ω -6: ω -3 de 8,24 para 8,70, no músculo da coxa com o aumento de AGP's (19,68%) e redução de AGS's (KHAOUCHENE; BOUDEROUA; MOUROT, 2016).

A inclusão de canola (1 e 3%) aumentou a concentração de ácido graxo ω -3 (α -linolênico) total na carne de peito e coxas de codornas e diminuiu amplamente a relação ω -6: ω -3 em comparação com a dieta controle (SABOW; HADDAD; NAKYINSIGE, 2020). Quantidades adequadas de ácidos graxos ω -6 e ω -3 na dieta precisam ser consideradas, pois a relação pode ser mais importante do que a quantidade total, devido a distinção metabólica e funções fisiológicas opostas, e o equilíbrio é importante para a homeostase, e essencial para a saúde (SIMOPOULOS, 2000).

O aumento dos níveis de ácidos graxos insaturados em uma dieta é benéfico na redução de algumas doenças, como cardiovascular e hipertensão, e pode levar a uma melhoria na imunidade humana (SIMOPOULOS, 2000). Isso é benéfico, pois níveis mais baixos de AGS's podem diminuir o colesterol LDL no sangue, diminuindo o risco de doença cardiovascular (BAUM et al., 2012). Assim o consumo de AGP's tem uma influência positiva na função

imunológica, níveis sanguíneos, colesterol e triglicerídeos, além de função cardiovascular em humanos (SABOW; HADDAD; NAKYINSIGE, 2020).

A composição de ácidos graxos da canola incorporado na gema, pode elevar a qualidade de ovos para o consumidor. A composição da gema do ovo depende da composição nutricional da dieta, e alimentos ricos em ω -3 aumentam na gema do ovo (KAKANI et al., 2012). A gema é uma fonte de lipídeos que pode ter o conteúdo acometido pela genética, idade, programas de alimentação e também pelos níveis e tipos de lipídeos alimentares (MILINSK et al., 2003).

A canola com composição de ω -3 na dieta de codornas permitiu o enriquecimento dos ovos, pois é metabolizado no fígado e depositado na gema em formação. O enriquecimento do ovo com DHA é importante para a saúde humana, e foi eficaz em galinhas que consumiram dietas com até 15% de canola, melhorando perfil lipídico do ovo com AGS's (22,98%), AGM's (36,62%) e AGP's (16,28%) (JIA et al., 2008). Neste estudo, a canola na dieta melhorou significativamente o total de AGP's com o aumento de α -linolênico e DHA em todos os ovos de grupos com canola na dieta.

A canola na dieta de poedeiras, proporciona enriquecimento da gema principalmente na forma de ácido α -linolênico no entanto, pequena proporção de EPA e DHA é incorporada à gema dos ovos enriquecidos com tal ingrediente vegetais, decorrente da desaturação e da alongação da cadeia do ácido linolênico (PITA et al., 2006).

Galinhas alimentadas com 3 e 5% de óleo de canola, aumentaram a porcentagem do total de ω -3 em 3,3 e 4,75 vezes (4,72 e 6,80%) no ovo (1,43% a mais), o que indica que a galinha converte α -linolênico em ω -3 e depositado na gema do ovo (ROWGHANI et al., 2007). Esses efeitos já foram relatados a muito tempo com aumento de 2,92% de AGP's (ω -3) na gema do ovo, em aves alimentadas com até 20% de canola (NWOKOLO; SIM, 1989).

A alimentação com 5% de canola elevou o teor de lipídeos totais em 5,6% na carne do peito em comparação com o grupo controle em estudo com frangos de corte (SALEH et al., 2015). O que difere dos resultados do nosso estudo, pois lipídeos totais diferiu apenas nos ovos do grupo C40 comparado ao grupo controle (C0).

O óleo de canola é uma excelente fonte de AGM's e AGP'S (α -linolênico) e na dieta não só altera o perfil de ácidos graxos da gema de ovo, mas também pode alterar o metabolismo lipídico nas galinhas poedeiras (KAKANI et al., 2012). O óleo presente no grão de canola é usado para o enriquecimento de ovos com AGP's, sem qualquer efeito prejudicial nas características do ovo (AHMAD et al., 2013). Dietas com 4% de óleo de canola aumentaram a quantidade de ω -3 em ovo de galinhas e carne de frango, efeitos altamente benéficos para a saúde de consumidores (FOULADI; SALAMAT DOUST NOBAR; AHMADZADE, 2008).

De fato, a produção de um ovo enriquecido com ácidos graxos ω -3 foi possível com a adição de canola na dieta de codornas, um produto diferencial para consumidores que buscam consumir alimentos com maior qualidade na composição nutricional. A fração lipídica da gema é composta por 8,7 g de ácidos graxos saturados, 13,2 g de ácidos graxos monoinsaturados, 3,4 g de ácidos graxos poli-insaturados e 1,120 mg de colesterol por 100 g de gema fresca (FAITARONE et al., 2013).

Há possibilidade de alterar o perfil de ácidos graxos da fração lipídica dos ovos, reduzindo a concentração alimentar de alguns ácidos graxos (ácido láurico e ácidos graxos saturados de cadeia curta) em troca de ácidos graxos de cadeia longa, como ácido eicosapentaenóico (EPA, C20: 5n-3) e ácido docosahexaenóico (DHA, C22: 6n-3), que apresentam mais de 18 carbonos em sua estrutura química (FAITARONE et al., 2013).

Segundo os dados aqui apresentados, nota-se a eficiência no transporte de AGP's da dieta das codornas para os ovos com maiores teores. O ovo enriquecido, é uma fonte importante de ácidos graxos essenciais, e seu consumo é recomendável como fonte de ω -3, capaz de prevenir doenças, benéfico para a saúde de consumidores. O consumo de AGP's tem uma influência positiva na função imunológica, níveis sanguíneos, colesterol e triglicerídeos, além de função cardiovascular em humanos (SABOW; HADDAD; NAKYINSIGE, 2020).

4.2.6 Análises sanguíneas

Os resultados para os parâmetros bioquímicos séricos de proteína total, albumina, globulina, colesterol, triglicerídeos e ALT estão apresentados na Tabela 11. O colesterol total reduziu significativamente no grupo C30, e no grupo C10 reduziu o nível de triglicerídeos comparados ao grupo controle (C0) ($P < 0.05$; Tabela 11). Enquanto o nível de ALT aumentou nos grupos C30 e C40 quando comparados ao grupo controle (C0) ($P < 0.05$; Tabela 11).

Os resultados mostraram nenhuma diferença significativa ($P > 0.05$) para proteína total sérica e suas frações (albumina e globulina). Estes resultados foram semelhantes aos relatados em estudo com codornas que receberam até 15% de canola na dieta e não verificaram diferenças para os níveis séricos de proteína total (globulina e albumina), biomarcadores renais (ácido úrico e creatinina), enzimas hepáticas (AST, ALP e ALT) e perfil lipídico de colesterol total e HDL, apenas para LDL que reduziu significativamente (IBRAHIM et al., 2020). O que segundo os autores, a melhora no perfil lipídico do sangue se deve ao teor de fitoesteróis capazes de reduzir colesterol. O que foi evidenciado no grupo C30 que reduziu significativamente comparado ao grupo controle.

Tabela 10 – Níveis séricos de proteína total, albumina, globulina, colesterol, triglicerídeos e alanina aminotransferase (ALT) em codornas com diferentes níveis de 0, 10, 20, 30 e 40% de canola integral moída na dieta.

Parâmetros	C0	vs	C10	P-valor*	C0	vs	C20	P-valor*	C0	vs	C30	P-valor*	C0	vs	C40	P-valor*	CV (%)
Proteína total (g/dL)	4,2	vs	3,9	0,3046	4,2	vs	4,1	0,8180	4,2	vs	4,0	0,3909	4,2	vs	4,1	0,6875	11,3
Albumina (g/dL)	1,9	vs	1,5	0,7385	1,9	vs	1,4	0,2204	1,9	vs	1,5	0,5678	1,9	vs	1,6	0,5055	25,06
Globulina (g/dL)	2,3	vs	2,4	0,0984	2,3	vs	2,7	0,0495	2,3	vs	2,5	0,0753	2,3	vs	2,5	0,1622	22,1
Colesterol (mg/dL)	229,9	vs	203,4	0,3403	229,9	vs	191,7	0,1722	229,9	vs	170,6	0,0378	229,9	vs	221,9	0,7713	25,08
Triglicerídeos (mg/dL)	923,9	vs	786,7	0,0356	923,9	vs	882,0	0,5070	923,9	vs	913,1	0,8647	923,9	vs	896,1	0,6597	13,24
ALT (U/L)	7,4	vs	7,6	0,9133	7,4	vs	8,6	0,3867	7,4	vs	10,6	0,0220	7,4	vs	11,1	0,0077	26,87

* Análises de contrastes lineares $P < 0,05$; CV: coeficiente de variação; ALT: alanina aminotransferase; C0: 0%; C10: 10%; C20: 20%; C30: 30%; C40: 40% de canola integral moída na dieta.

A excelente composição de ácidos graxos da canola aumenta o conteúdo substancial de α -tocoferóis (vitamina E) com atividade antioxidante, fitoesteróis redutor de colesterol e eleva os ω -3 (BEYZI et al., 2019). Os fitoesteróis, podem inibir a absorção do colesterol biliar e dietético substituindo o colesterol das micelas de sais biliares e competir pela absorção. A niacina presente na canola é responsável por elevar o nível de HDL no sangue controlando o processo de transporte do colesterol do tecido periférico para o fígado, reduzindo colesterol na corrente sanguínea aumentando a saúde e viabilidade das aves (ABDEL-MONEIM et al., 2020). Esse efeito também se deve a adição de fonte de AGP's na dieta que reduz as concentrações de colesterol no sangue e no ovo (FAITARONE et al., 2013).

A maior atividade enzimática é influenciada pelos maiores níveis de canola nas dietas, efeito reflexo da condição fisiológica do fígado devido ao aumento da gordura na dieta. Os níveis plasmáticos de AST e ALT correlacionaram-se positivamente com o aumento indicativo de dano hepático (SAKI et al., 2017). Em nosso estudo a atividade enzimática hepática (ALT) aumentou no nível de 30 e 40% de canola comparado ao controle (0%), o que evidencia para dano hepático devido ao aumento da gordura na dieta.

No geral os resultados dos níveis séricos de componentes bioquímicos neste estudo indicaram que o grupo C10 e C20 não apresentaram efeito prejudicial significativo sobre os parâmetros avaliados, além de um bom indicativo de que a canola na dieta foi bem utilizada pelas codornas.

O presente estudo mostrou redução do colesterol total no grupo C30 e de triglicerídeos no grupo C10 comparado ao controle. Este efeito já foi descrito em estudo com codornas sem diferenças, com níveis de até 15% de canola na dieta para colesterol total, LDL e HDL e redução de triglicerídeos (IBRAHIM et al., 2020). Segundo os autores o uso de canola na dieta de codornas, tem função na regulação de lipídeos no perfil sanguíneo, efeito atribuído ao alto teor de gordura insaturada no óleo de canola.

Esses resultados foram evidenciados por Abel-moneim et al., (2020), para os parâmetros de proteína total, albumina, colesterol total, AST, ALT, ALP e ácido úrico, no entanto, HDL aumentou e triglicerídeos e LDL reduziram em codornas alimentados com até 15% de canola na dieta. Segundo os autores a melhora no perfil lipídico do sangue se deve ao teor de fitoesteróis capazes de reduzir colesterol.

Os ácidos graxos insaturados da canola são importantes para manter a saúde cardiovascular, pois o óleo de canola rico em AGM's evita o acúmulo de colesterol ruim (LDL) (GÜL et al., 2012). AGM's, como oleico, desempenham um papel importante na saúde humana, ao prevenir doenças cardíacas, com a redução dos níveis séricos de colesterol total e

LDL e aumento de HDL em indivíduos com hipercolesterolemia, bem como reduzindo os níveis de açúcar no sangue em diabéticos (ROLL et al., 2016).

Porém estudos que utilizaram subprodutos com o uso de até 30% de farelo de canola na dieta de codornas, não afetou os parâmetros sanguíneos e enzimas que caracterizam danos hepáticos ou em outros tecidos (SAKI et al., 2017). O óleo de canola é rico em α -linolênico, o que reduz os níveis de colesterol e triglicerídeos sanguíneos, com melhora na viscosidade das células do sangue, e prevenção de problemas circulatórios (BEYZI et al., 2019). O colesterol plasmático diminuiu em frangos alimentados com dieta contendo óleo de canola na dieta, com melhora no perfil lipídico plasmático (ZANINI et al., 2006). Assim a canola na dieta de codornas manteve bons resultados sobre os parâmetros sanguíneos o que pode ser devido à composição de ácidos graxos.

Em geral, os resultados dos componentes bioquímicos do soro avaliados neste estudo indicaram que, a canola em dietas de codornas não apresentou qualquer efeito prejudicial significativo sobre o estado de saúde das codornas.

5 CONCLUSÕES

O nível de até 10% de canola integral moída na dieta manteve o desempenho produtivo e elevou a qualidade de ovos com menor oxidação lipídica e aumento da cor da gema de ovos para a intensidade de amarelo, parâmetro importante no que se refere às exigências comerciais.

A adição de canola integral moída nas dietas de codornas reduziu ácidos graxos saturados e elevou ácidos graxos poli-insaturados em ovos de codornas, principalmente os das séries ω -6 e ω -3, importantes para a saúde de consumidores. Assim, a canola pode ser considerada um ingrediente alternativo para ser inserido em dietas de codornas de postura para o enriquecimento dos ovos.

REFERÊNCIAS

- ABDEL-MONEIM, A.-M. E. et al. Growth performance , hemato-biochemical indices , thyroid activity , antioxidant status , and immune response of growing Japanese quail fed diet with full-fat canola seeds. **Tropical Animal Health and Production**, n. 1, p. 10, 2020.
- ALBINO, L. F. T.; BARRETO, S. L. T. **Criação de codornas para produção de ovos e carne**. Aprenda fácil, 2003.
- ABRASCANOLA. **Associação Brasileira dos Produtores de Canola**. Disponível em: <<http://www.abrascanola.com.br>>. Acesso em: 08 março 2021.
- ADEOTI, S. O.; BARUWA, O. I. Profitability and Constraints of Quail Egg Production in Southwestern Nigeria. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 33, n. 3, p. 1–10, 2019.
- ADEWOLE, D. I. et al. Chemical and nutritive characteristics of canola meal from Canadian processing facilities. **Animal Feed Science and Technology**, v. 222, p. 17–30, 2016.
- AGAH, M. J. et al. Performance and fatty acid compositions of yolk lipid from laying hens fed with locally produced canola seed (*Brassica napus* L.). **Research Journal of Biological Sciences.**, v. 5, n. 2, p. 228–232, 2010.
- AHMAD, S. et al. Effect of Canola Oil and Vitamin A on Egg Characteristics and Egg Cholesterol in Laying Hens During Hot Summer Months. **Pakistan Veterinary Journal**, v. 33, n. 3, p. 346–349, 2013.
- AKTER, Y. et al. Hens ranked as highly feed efficient have an improved albumen quality profile and increased polyunsaturated fatty acids in the yolk. **Journal of Animal Science**, v. 96, n. 8, p. 3482–3490, 2018.
- ALJUOBORI, A. et al. Higher inclusion rate of canola meal under high ambient temperature for broiler chickens. **Poultry Science**, v. 95, n. 6, p. 1326–1331, 2016.
- ASSADI, E. et al. Nutrient composition of different varieties of full-fat canola seed and nitrogen-corrected true metabolizable energy of full-fat canola seed with or without enzyme addition and thermal processing. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 20, n. 1, p. 95–101, 2011.
- BARBOUR, G. W.; SIM, J. S. True Metabolizable Energy and True Amino Acid Availability in Canola and Flax Products for Poultry. **Poultry Science**, v. 70, n. 10, p. 2154–2160, 1991.
- BAREKATAIN, M. R. et al. Effects of grinding and pelleting condition on efficiency of full-fat canola seed for replacing supplemental oil in broiler chicken diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 207, p. 140–149, 2015.
- BAREKATAIN, R. et al. Interactions of full-fat canola seed, oat hulls as an insoluble fiber source and pellet temperature for nutrient utilization and growth performance of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 96, n. 7, p. 2233–2242, 2017.
- BAUM, S. J. et al. Fatty acids in cardiovascular health and disease: A comprehensive update.

Journal of Clinical Lipidology, v. 6, n. 3, p. 216–234, 2012.

BELL, J. M. Factors affecting the nutritional value of canola meal: A review. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 73, n. 4, p. 689–697, 1993.

BEYZI, E. et al. Changes in fatty acid and mineral composition of rapeseed (*Brassica napus* ssp. *oleifera* L.) oil with seed sizes. **Industrial Crops and Products**, v. 129, n. November 2018, p. 10–14, 2019.

BLIGH, E. Graham; DYER, W. Justin. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian journal of biochemistry and physiology**, v. 37, n. 8, p. 911–917, 1959.

BRAND, T. S. et al. The true metabolisable energy content of canola oilcake meal and full-fat canola seed for ostriches (*Struthio camelus*). **British Poultry Science**, v. 41, n. 2, p. 201–203, 2000.

BRAND, T. S. et al. Feeding preferences of ostriches towards the inclusion of full-fat canola seed in grower diets. **South African Journal of Animal Science**, v. 48, n. 5, p. 977, 2019.

BREYTENBACH, L. The influence of processing of lupins and canola on apparent metabolizable energy and broiler performance. **Tese de Doutorado**, p. 1–101, 2005.

CAMELO, L. C. L. et al. Inclusão de farelo de goiaba na dieta de codornas européias. **Ciencia Animal Brasileira**, v. 16, n. 3, p. 343–349, 2015.

CANOLA COUNCIL CANADA. 2017. **Canola grower's manual**. Disponível em: < <https://www.canolacouncil.org/about-canola/oil/> >. Acesso em: 05 fev. 2021.

CEDRO, T. M. M. et al. Teores de ácidos graxos em ovos comerciais convencionais e modificados com ômega-3. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 8, p. 1733–1739, 2010.

CHERIAN, G.; SIM, J. S. Effect of Feeding Full Fat Flax and Canola Seeds to Laying Hens on the Fatty Acid Composition of Eggs, Embryos, and Newly Hatched Chicks. **Poultry Science**, v. 70, n. 4, p. 917–922, 1991.

CIURESCU, G. Efficiency of soybean meal replacement by rapeseed meal and / or canola seeds in commercial layer diets. **Archiva Zootechnica**, v. 12, n. 1, p. 27–33, 2009.

CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento. Conjuntura mensal**. Janeiro 2017. Disponível em: < http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_02_20_14_43_57_canola_-_conjuntura_mensal_-_janeiro_2017.pdf >. Acesso em: 20 jan de 2021.

DA SILVA FILARDI, R. et al. Influence of different fat sources on the performance, egg quality, and lipid profile of egg yolks of commercial layers in the second laying cycle. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 14, n. 2, p. 258–264, 2005.

Department of Agriculture. 2018. **USDA** - United States Department of Agriculture. Disponível em: < <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/588557/nutrients> > Acesso em: 05 fev. 2021.

ESTEVEZ, R. L. et al. A Cultura da Canola (*Brassica napus* var. *oleifera*). **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 13, n. 1, p. 1–9, 2014.

FAITARONE, A. B. G. et al. supplementation of different vegetable oils at different levels to the The enrichment of eggs with polyunsaturated fatty acids (PUFA). **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 15, n. ISSN 1516-635X, p. 31–38, 2013.

FAITARONE, A. B. G. et al. Commercial White Layers Fed Diets Supplemented. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 18, n. 1, p. 9–16, 2016.

FOULADI, P. S. D. N. et al. Effect of Choline Chloride Supplement on the Internal Organs and Carcass Weight of Japanese quail. **Scholars Research Library**, v. 2, n. 5, p. 485–491, 2011.

FOULADI, P.; SALAMAT DOUST NOBAR, R.; AHMADZADE, A. Effect of Choline Chloride Supplement and Canola Oil on the Performance and Feed Efficiency in the Broiler Chickens. **Research Journal of Poultry Sciences**, v. 3, n. 2, p. 58–62, 2008.

GIAMPIETRO, A. et al. Estudo da metodologia de tbars em ovos. **Revista Avisite**, n. 13, p. 1–2, 2008.

GRILO, E. C. et al. Influência do tempo de armazenamento sobre a concentração de alfa-tocoferol e gama-tocoferol em óleos vegetais. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 74, n. 3, p. 216–224, 2015.

GÜL, M. et al. The effect of different levels of canola oil on performance, egg shell quality and fatty acid composition of laying hens. **International Journal of Poultry Science**, v. 11, n. 12, p. 769–776, 2012.

HAMEED, S.; AHMAD, N.; RABBANI, M. Effect of Replacing Dietary Levels of Soybean Meal with Canola Meal in Japanese Quail. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 4, n. 3, p. 389–391, 2002.

HAYAT, Z. et al. Oxidative stability and lipid components of eggs from flax-fed hens: Effect of dietary antioxidants and storage. **Poultry Science**, v. 89, n. 6, p. 1285–1292, 2010.

HARTMAN, L. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory Practices**, v. 22, p. 475–476, 1973.

HAUGH, R. R. The Haugh unit for measuring egg quality. **United States egg and poultry magazine**, v. 43, p. 522–555, 1937.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Pesquisa agrícola municipal. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 08 março 2021.

IBRAHIM, N. S. et al. Effect of dietary supplementation of full-fat canola seeds on productive performance, blood metabolites and antioxidant status of laying Japanese quails. **Revista Brasileira de Ciencia Avicola**, v. 22, n. 1, p. 1–9, 2020.

JENSEN, L. S.; SHUTZE, J. V. Essential Fatty Acid Deficiency in the Laying Hen. **Poultry Science**, v. 42, n. 4, p. 1014–1019, 1963.

JIA, W. et al. The effect of enzyme supplementation on egg production parameters and omega-3 fatty acid deposition in laying hens fed flaxseed and canola seed. **Poultry Science**, v. 87, n. 10, p. 2005–2014, 2008.

KAKANI, R. et al. Camelina meal increases egg n-3 fatty acid content without altering quality or production in laying hens. **Lipids**, v. 47, n. 5, p. 519–526, 2012.

KAMRAN AZAD, S.; RAHIMI, S.; KARIMI TORSHIZI, M. of broiler chickens Ar ch of ch. **Iranian Journal of Veterinary Research**, v. 10, n. 2, p. 158–165, 2009.

KHAJALI, F.; SLOMINSKI, B. A. Factors that affect the nutritive value of canola meal for poultry. **Poultry Science**, v. 91, n. 10, p. 2564–2575, 2012.

KHAOUCHENE, A.; BOUDEROUA, K.; MOURROT, J. Effects of dietary canola seed with rosemary supplementation on growth performance, lipid oxidation and meat fatty acid composition of broilers. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 11, n. 12, p. 815–823, 2016.

LEE, K. H.; QI, G. H.; SIM, J. S. Metabolizable energy and amino acid availability of full-fat seeds, meals, and oils of flax and canola. **Poultry Science**, v. 74, n. 8, p. 1341–1348, 1995.

LEESON, S.; ATTEH, J. O.; SUMMERS, J. D. Effects of increasing dietary levels of full-fat canola on performance, nutrient retention, and bone mineralization. **Poultry Science**, v. 66, n. 5, p. 875–880, 1987.

LEMBEDE, B. W. et al. Effect of dietary enrichment with canola oil on glucose tolerance, tissue glycogen content and viscera in coturnix cortunix Japonica. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 16, n. 1, p. 73–80, 2014.

MAHROSE, K. M. et al. Influences of stocking density and dietary probiotic supplementation on growing Japanese quail performance. **Anais da Academia Brasileira de Ciencias**, v. 91, n. 2, p. e20180616, 2019.

MARCHIORI JR, O. et al. Qualidade e produtividade de sementes de canola (Brassica napus) após aplicação de dessecantes em pré-colheita. **Planta Daninha**, v. 20, n. 2, p. 253–261, 2002.

MARTIN, C. A. et al. Ácidos Graxos Poliinsaturados Ômega-3 E Ômega-6: Importância E Ocorrência Em Alimentos Acids: Importance and Occurrence in Foods. **Revista de Nutrição, Campinas**, v. 19, n. 6, p. 761–770, 2006.

MENG, X. et al. The Use of Enzyme Technology for Improved Energy Utilization from Full-Fat Oilseeds. Part I: Canola Seed. **Poultry Science**, v. 85, n. 6, p. 1025–1030, 2006.

MILINSK, M. C. et al. Fatty acid profile of egg yolk lipids from hens fed diets rich in n-3 fatty acids. **Food Chemistry**, v. 83, n. 2, p. 287–292, 2003.

MORAES, P. O. et al. Effect of feeding canola meal to laying Japanese quails. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 37, n. 3, p. 295, 2015.

MORAES, P. O. et al. Desempenho produtivo, qualidade de ovos e características ósseas de

codornas alimentadas com farelo e óleo de canola. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, v. 39, n. 1, p. 97–102, 2017.

MÓRI, C. et al. Desempenho e qualidade dos ovos de codornas de quatro grupos genéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 3, p. 864–869, 2005.

MORI, C. DE et al. **Inovações Tecnológicas No Cultivo Da Canola No Brasil E Impactos No Custo De Produção E Na Rentabilidade**. Embrapa Trigo-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CANOLA. **Anais...**2014

MOURA, G. DE S.; DE TOLEDO BARRETO, S. L.; LANNA, E. A. T. Efeito da redução da densidade energética de dietas sobre as características do ovo de codorna japonesa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 6, p. 1266–1271, 2010.

NAIN, S. et al. Characterization of the n-3 polyunsaturated fatty acid enrichment in laying hens fed an extruded flax enrichment source. **Poultry Science**, v. 91, n. 7, p. 1720–1732, 2012.

NAJIB, H.; AL-KHATEEB, S. A. The effect of incorporating different levels of locally produced canola seeds (*Brassica napus*, L.) In the diet of laying hen. **International Journal of Poultry Science**, v. 3, n. 7, p. 490–496, 2004.

NIEMANN, G. J.; BRAND, T. S.; HOFFMAN, L. C. Production and slaughter performance of ostriches fed full-fat canola seed. **South African Journal of Animal Science**, v. 48, n. 4, p. 779–799, 2018.

NWOKOLO, E.; SIM, J. Barley and full-fat canola seed in layer diets. **Poultry science**, v. 68, n. 11, p. 1485–1489, 1989.

OLIVEIRA, D. D. et al. Fontes de lipídios na dieta de poedeiras: desempenho produtivo e qualidade dos ovos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 3, p. 718–724, 2010.

OLIVEIRA, N. T. E. DE et al. Egg yolk colour of japanese quail fed on diets with spice. **Ciencia e Agrotecnologia**, v. 31, n. 5, p. 1525–1531, 2007.

PASTORE, M. et al. Panorama Da Coturnicultura. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 9, p. 2041–2049, 2012.

PINTO, R. et al. Níveis de Proteína e Energia para Codornas Japonesas em Postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 4, p. 1761–1770, 2002.

PITA, M. C. G. et al. Efeito da suplementação de linhaça, óleo de canola e vitamina E na dieta sobre as concentrações de ácidos graxos poliinsaturados em ovos de galinha. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, n. 5, p. 925–931, 2006.

RAHMAN, M.; MCVETTY, P. A review of *Brassica* seed color. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 91, n. 3, p. 437–446, 2011.

REZAEIPOUR, V. et al. Effects of full-fat canola seed with an exogenous enzyme supplementation on performance, carcass characteristics and thyroid hormones of broiler chickens. **Journal of Animal and Plant Sciences**, v. 25, n. 5, p. 1233–1237, 2015.

ROLL, A. A. P. et al. Canola oil and organic selenium in quail diets: Fatty acid profile, cholesterol content and external egg quality. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 1, p. 405–414, 2016.

ROTH-MAIER, D. A. Investigations on feeding full-fat canola seed and canola meal to poultry. In: **Proceedings 10th International Rapeseed Congress, Canberra, Australia**. 1999.

ROSTAGNO, H. S. et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos. **Composição de alimentos e exigências nutricionais**, v. 2, p. 186, 2017.

ROWGHANI, E. et al. Effect of canola oil on cholesterol and fatty acid composition of egg-yolk of laying hens. **International Journal of Poultry Science**, v. 6, n. 2, p. 111–114, 2007.

RUTKOWSKI, A. et al. The effect of particle size of full-fat rapeseed and of multi-carbohydrase enzyme supplementation on nutrient digestibility and performance in broilers. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 21, n. 2, p. 324–333, 2012.

SABOW, A. B.; HADDAD, H. S.; NAKYINSIGE, K. Carcass characteristics and meat quality assessment in different quail lines fed on canola seed supplemented diets. **Indian Journal of Animal Sciences**, v. 90, n. 1, p. 67–73, 2020.

SAKI, A. A. et al. Evaluation of biochemical parameters and productive performance of japanese quail in response to the replacement of soybean meal with canola meal. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 39, n. 1, p. 51–56, 2017.

SAKOMURA, N.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jabotical: Funep, 2016.

SALEH, A. A. et al. Effect of feeding *Aspergillus awamori* and canola seed on the growth performance and muscle fatty acid profile in broiler chicken. **Animal Science Journal**, v. 86, n. 3, p. 305–311, 2015.

SEIBEL, N. F. et al. Caracterização sensorial de ovos de codornas alimentadas com dietas modificadas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 4, p. 884–889, 2010.

SHEN, H.; SUMMERS, J. D.; LEESON, S. The influence of steam pelleting and grinding on the nutritive value of canola rapeseed for poultry. **Animal Feed Science and Technology**, v. 8, n. 4, p. 303–311, 1983.

SILVA, J. H. V. et al. Exigências nutricionais de codornas. **Revista Brasileira de Saude e Producao Animal**, v. 13, n. 3, p. 775–790, 2012.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A. C. de. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**, Viçosa, 2002. 235p.

SIMOPOULOS, A. P. Symposium: Role of poultry products in enriching the human diet with n-3 PUFA. **Poultry Science**, v. 79, p. 961–970, 2000.

SOUZA, C. Utilização de canola moída e em grão para frangos de corte. **Tese de Doutorado**, p. 1–75, 2017.

TALEBALI, H.; FARZINPOUR, A. Effect of different levels of full-fat canola seed as a replacement for soybean meal on the performance of broiler chickens. **International Journal of Poultry Science**, v. 4, n. 12, p. 982–985, 2005.

TAVERNARI, F. de C.; DALMEDICO, G.; SUREK, D. Energcalc. Embrapa Suínos e Aves. Concórdia, 2015. Aplicativo Java.

TOGHYANI, M.; SWICK, R. A.; BAREKATAIN, R. Effect of seed source and pelleting temperature during steam pelleting on apparent metabolizable energy value of full-fat canola seed for broiler chickens. **Poultry Science**, v. 96, n. 5, p. 1325–1333, 2017.

TOMM, G. O. Indicativos tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do Sul. **Embrapa trigo**, v. 3, n. 54, p. 32, 2007.

VERAS, A. G. et al. Canola and coconut oils in the feed of European quails (*Coturnix coturnix*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 48, 2019.

VISENTAINER, J. V. Aspectos analíticos da resposta do detector de ionização em chama para ésteres de ácidos graxos em biodiesel e alimentos. **Química Nova**, v. 35, n. 2, p. 274–279, 2012.

YALÇIN, H.; ÜNAL, M. K. The Enrichment of Hen Eggs with ω -3 Fatty Acids. **Journal of Medicinal Food**, v. 13, n. 3, p. 610–614, 2010.

ZANINI, S. F. et al. Body fat of broiler chickens fed diets with two fat sources and conjugated linoleic acid. **International Journal of Poultry Science**, v. 5, n. 3, p. 241–246, 2006.