

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

FRANCIELI SORDI LOVATTO

**INCLUSÃO DE CANOLA EM GRÃO MOÍDO EM DIETAS DE GALINHAS
POEDEIRAS SEMIPESADAS**

**LAGES
2021**

FRANCIELI SORDI LOVATTO

**INCLUSÃO DE CANOLA EM GRÃO MOÍDO EM DIETAS DE GALINHAS
POEDEIRAS SEMIPESADAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, do Centro de Ciências Agroveterinárias, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em Ciência Animal, área de concentração em Produção Animal.

Orientador: Dr. Clóvis Eliseu Gewehr

**LAGES
2021**

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

Lovatto, Francieli Sordi
Inclusão de canola em grão moído em dietas de galinhas
poedeiras semipesadas / Francieli Sordi Lovatto. -- 2021.
61 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. Brassica napus. 2. Energia metabolizável. 3.
Desempenho. 4. Qualidade de ovos. 5. Parâmetros séricos. I.
Gewehr, Clóvis Eliseu . II. Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de
Pós-Graduação em Ciência Animal. III. Título.

FRANCIELI SORDI LOVATTO

INCLUSÃO DE CANOLA EM GRÃO MOÍDO EM DIETAS DE GALINHAS POEDEIRAS SEMIPESADAS

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, do Centro de Ciências Agroveterinárias, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em Ciência Animal, área de concentração em Produção Animal.

Banca Examinadora:

Orientador:

Prof. Dr. Clóvis Eliseu Gewehr
Universidade do Estado de Santa Catarina-UDESC

Membros:

Prof. Dra. Claudia Pies Biffi
Universidade do Estado de Santa Catarina-UDESC

Dr. José Evandro de Moraes
Instituto de Zootecnia-IZ

Dr. Valdir Silveira de Avila
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA

Prof. Dr. Vladimir de Oliveira
Universidade Federal de Santa Maria-UFSM

Lages, 31 de maio de 2021

*Dedico ao meu filho Francisco João Sordi Kandler,
que veio ao mundo durante essa caminhada.*

AGRADECIMENTOS

À Deus pela força, perseverança e coragem para trilhar nesse caminho.

À Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc) e ao Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) pela disponibilidade de realização deste trabalho.

À família Sordi, minha mãe Marizete Terezinha Sordi, avós Iracema Sordi e Laurindo Sordi (*in memoriam*) por sempre acreditar na minha capacidade e por trabalharem incansavelmente para proporcionar o melhor.

Ao meu orientador Clóvis Eliseu Gewehr, pelos conselhos de vida e conhecimentos compartilhado em todos os momentos.

Ao Rodrigo Kandler, por acreditar em mim, pelas histórias vividas, momentos compartilhados, no amor e na pós-graduação, nas tristezas e alegrias.

À família Kandler, meus sogros Francisco João (*in memoriam*) e Cenira pelo apoio recebido.

Ao Setor de Avicultura, em nome de todos os bolsistas que auxiliaram na execução das atividades.

As empresas Hisex e Tectron Nutrição Animal pela doação de insumos para a realização do experimento.

À Fundação Instituto de Apoio ao Ensino Pesquisa e Extensão do Cav-Fiepe/Cav, pelo apoio financeiro.

Aos colegas do grupo de pesquisa pelas discussões produtivas e troca de conhecimento e experiências.

À professora Mere Erika Saito e as orientadas do Laboratório de Patologia Clínica, pela realização das análises séricas.

Ao Laboratório de Nutrição Animal e Bromatologia, pela disponibilidade de realização das análises.

Ao Laboratório de Bioquímica, em especial ao prof. Luiz Claudio Milette e orientados, por ceder os equipamentos para a realização das análises.

Aos funcionários do Setor de Obras e Serviços do Cav, pelo trabalho prestado com empenho e dedicação.

Aos mestres, pelos exemplos de profissionalismo e amor ao ensino e pesquisa.

À coordenação do Programa de Pós-Graduação, em especial a secretária Lara A. Biazotto, por sempre nos assessorar.

Aos amigos que o doutorado me proporcionou, Angela Bernardon, Cleverson de Souza, Evelyn Drielle, Lorena Noronha e Márcia Oziembowski.

À amiga Tádia Emanuele Stivanin, pelas conversas e apoio desde a jornada do mestrado;

Aos amigos e compadres Janaiana da Silva e Marcos Cardoso Martins Jr., pelos bons momentos.

Aos colegas da Produção Animal, sempre com um mate e uma boa conversa.

Às amigas da graduação para a vida, Ana Cláudia Moretti, Débora Eva Bertollo e Maristela Bombana.

Meu coração se enche de alegria e gratidão!

“O amor me explicou tudo...”

São João Paulo II

RESUMO

A canola representa uma fonte alternativa de energia e proteína na dieta de galinhas poedeiras, devido a sua composição bromatológica. O objetivo desse trabalho foi estimar o valor nutricional da canola grão moído para galinhas de postura e avaliar os efeitos da inclusão na dieta sobre o desempenho e qualidade de ovos. Um ensaio foi realizado para determinar os valores energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) de canola grão moído (CGM) para galinhas poedeiras empregando-se os métodos de substituição e regressão da dieta referência. Foram utilizadas 192 galinhas poedeiras com 28 semanas de idade, oito aves por gaiola com oito repetições por dieta. As dietas continham 20 e 40% do ingrediente teste. As poedeiras foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado. O período experimental contou com um período de adaptação e coleta total de excretas. Usando o método de substituição da dieta de referência, os valores de EMA e EMAn obtidos para canola grão moído foram 4229 e 4167 kcal kg⁻¹, respectivamente. O cálculo de EMA, EMAn da canola grão moída usando regressão com base na taxa de inclusão do ingrediente e dieta referência mostrou valores semelhantes aos obtidos pelo método de substituição. O segundo ensaio foi realizado com 400 poedeiras comerciais semipesadas distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos, oito repetições e 10 aves por unidade experimental. Os tratamentos consistiram em ração referência, mais quatro rações teste com níveis crescentes de inclusão (10; 20; 30 e 40%) de CGM. O período experimental teve duração de quatro períodos de 28 dias, sendo que ao final de cada um foi realizado as avaliações de desempenho e qualidade de ovos. Os dados obtidos foram analisados através de análise de variância (ANOVA), e quando a regressão não foi significativa foram analisados pelo teste de Dunnet. Não foi observado efeito da inclusão de 30% de CGM em parâmetros de desempenho e de 40% de CGM na qualidade dos ovos, apenas o peso médio do ovo apresentou efeito significativo. As variáveis sanguíneas de ácido úrico, colesterol e triglicerídeos apresentaram efeito quadrático. Recomenda-se a inclusão até 30% de CGM em dietas de galinhas poedeiras sem efeitos adversos ao desempenho e qualidade dos ovos.

Palavras-chave: *Brassica napus*, energia metabolizável, desempenho, qualidade de ovos, parâmetros séricos

ABSTRACT

Canola represents an alternative source of energy and protein in the diet of laying hens, due to its chemical composition. This study aimed to estimate the nutritional value of ground canola seed (GCS) for laying hens and to evaluate the effects of inclusion in the diet on egg performance and quality. An assay was carried out to determine the apparent metabolizable energy (AME) and nitrogen balance corrected apparent metabolizable energy (AMEn) values of ground canola seed (GCS) for laying hens using the reference diet substitution and regression methods. Were used 192 laying hens at 28 weeks, eight birds per cage with eight repetitions per diet. The diets contained 20 and 40% of the test ingredient. The laying hens were distributed in a completely randomized design. The experimental period included an adaptation period and total collection of excreta. Using the method of substitution of the reference diet, the values of AME and AMEn obtained for GCS were 4229 and 4167 kcal kg⁻¹, respectively. The calculation of AME and Amen of GCS using regression based on the inclusion rate of the ingredient and reference diet showed values like those obtained by the substitution method. The second assay was carried out with 400 semi-heavy commercial laying hens distributed in a completely randomized design with five treatments, eight replicates and 10 birds per experimental unit. The treatments consisted of reference ration (RR), plus four test diets with increasing levels of inclusion (10; 20; 30 and 40%) of GCS. The experimental period lasted four periods of 28 days, and at the end of each one, performance and egg quality evaluations were carried out. The data obtained were analyzed using analysis of variance (ANOVA), and when the regression was not significant, they were analyzed using the Dunnet test. There was no effect of including 30% CGS in performance parameters and 40% CGM in egg quality, only the average egg weight had a significant effect. The blood variables of uric acid, cholesterol and triglycerides showed a quadratic effect. It is recommended that up to 30% GMOs be included in laying hens diets without adverse effects on egg performance and quality.

Keywords: *Brassica napus*, metabolizable energy, performance, egg quality, serum parameters

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1-Equação de regressão da EMA da CGM, obtida a partir da EMA (Kcal kg ⁻¹) consumida em relação ao consumo de CGM.....	38
Figura 2- Equação de regressão da EMAn da CGM, obtida a partir da EMAn (kcal kg ⁻¹) consumida em relação ao consumo de CGM	39
Figura 3-Peso dos ovos de galinhas poedeiras alimentadas com CGM	45
Figura 4- Ácido úrico (a), colesterol (b) e triglicerídeos (c) sanguíneos de galinhas poedeiras alimentadas com CGM	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição centesimal e nutricional da ração referência para galinhas poedeiras	26
Tabela 2 - Composição centesimal e nutricional das rações experimentais para galinhas poedeiras incluindo CGM.....	28
Tabela 3 - Valores de EMA, EMAn e os coeficientes de metabolizabilidade dos nutrientes para CGM com 20 ou 40% de substituição na dieta	36
Tabela 4 - Consumo médio diário de ração de galinhas poedeiras em função dos níveis de inclusão de CGM	40
Tabela 5 - Desempenho médio de galinhas poedeiras em função dos níveis de inclusão de CGM.....	42
Tabela 6 - Qualidade de ovos de galinhas poedeiras em função dos níveis de inclusão de CGM	43
Tabela 7 - Parâmetros séricos de galinhas poedeiras em função dos níveis de CGM	46
Tabela 8 - Peroxidação lipídica de gema, proteína total de albúmen e acúmulo de gordura abdominal de galinhas poedeiras em função dos níveis de inclusão de CGM.....	49

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 CANOLA.....	16
2.2 CANOLA PARA AVES	17
2.3 EMA e EMan.....	19
3. ESTRATÉGIA DA PESQUISA.....	24
4. MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1 ENSAIO DIGESTIBILIDADE	25
4.2 ENSAIO DESEMPENHO	28
4.2.1 Características de desempenho	29
4.2.2 Qualidade de ovos	30
4.2.3 Bioquímica sérica.....	31
4.2.4 Parâmetros corporais	32
4.2.5 Quantificação de proteínas	32
4.2.6 Oxidação lipídica.....	33
4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	33
5. OBJETIVO GERAL.....	35
6 HIPÓTESES.....	35
6.1 HIPÓTESE GERAL	35
6.2 HIPÓTESES ESPECÍFICAS	35
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
7.1 ENSAIO DIGESTIBILIDADE	36
7.2 ENSAIO DESEMPENHO	40
7.3 CONCLUSÃO.....	52
REFERÊNCIAS.....	53

1. INTRODUÇÃO

O Brasil se posiciona como o sexto produtor mundial de ovos, produzindo no ano de 2020 cerca de 53,5 bilhões de ovos (ABPA, 2021) com consumo per capita de 251 ovos. Entretanto, a alimentação das aves é responsável por 65-75% das despesas de produção de ovos, com energia representando pelo menos 60% dos custos de alimentação (BARZEGAR, et al. 2020), por isso é importante estimar com exatidão o conteúdo de energia disponível dos ingredientes da ração (LIU et al., 2020).

A energia dos alimentos é uma propriedade dos nutrientes de transformarem-se em energia quando são oxidados no metabolismo, que liberam calor ou a armazenam para posterior uso nos processos metabólicos (MURAKAMI; FURLAN, 2020). Dessa forma, é altamente requerida para o crescimento animal, sendo utilizada como requerimento para alcançar uma alta produção. O valor de energia é empregado como um ponto de partida para a formulação das dietas, servindo de base para a fixação dos níveis de outros nutrientes como proteína bruta, minerais e aminoácidos, além de representar um dos maiores custos da formulação.

A formulação de ração usando energia metabolizável aparente (EMA) corrigida para retenção de nitrogênio zero (EMAn) é amplamente utilizada por nutricionistas de aves. A maioria dos dados tabulados disponíveis são de experimentos usando galos adultos ou frangos de corte em crescimento. Contudo, também é possível estimar os valores de EMA e EMAn empregando-se os métodos de substituição e regressão da dieta referência.

A condução de ensaios objetivando estimar os valores nutricionais dos alimentos para galinhas poedeiras se faz necessária para fornecer informações de um novo alimento que pode ser utilizado nas formulações, podendo minimizar os custos das dietas com alimentos alternativos produzidos em determinada região no período de entressafras.

A canola é um alimento que pode ser incluso na ração de aves de postura por apresentar proteínas, carboidratos, fibras alimentares, gorduras e cinzas. Entretanto, o tamanho do grão pode limitar o uso de seus nutrientes, fazendo-se necessário a utilização de métodos físicos como a moagem para o rompimento da estrutura do tecido de parede celular (polissacarídeos), permitindo maior utilização dos nutrientes (SLOMINSKI et al., 2006; JIA et al., 2008).

Outro fator importante é que devido a quantidade de fibras no grão de canola (KHAJALI; SLOMINSKI, 2012), esta pode ser pouco digerida alterando a taxa de passagem que reduz o tempo de digestão, relacionando-se inversamente à digestibilidade da energia (DOWNEY; BELL, 1990).

Ressalta-se que não há informações suficientes disponíveis na literatura sobre nutrição de poedeiras comerciais com inclusão de canola em grão moída e sua associação com desempenho, digestibilidade, qualidade dos ovos, oxidação lipídica, e proteínas, sendo que a nutrição é um dos fatores limitantes para a expansão da produção avícola, devido a flutuação de preços dos ingredientes milho e soja. Dessa forma, a canola pode ser utilizada como um alimento alternativo com elevado valor nutritivo e custo reduzido.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CANOLA

O farelo de soja é a fonte proteica mais amplamente utilizada nas formulações, mas devido ao seu custo, torna-se interessante o uso de ingredientes alternativos como a canola (Canadian Oil Low Acid). A canola é uma oleaginosa resultante do melhoramento genético da colza (*Brassica napus L.*) e teve por finalidade diminuir o teor de ácido erúcico no óleo (< 2%) e glucosinolatos no grão (3 μ g/g), melhorando a palatabilidade e digestibilidade dos nutrientes (BETT et al., 1999, CHAVARRIA et al., 2011; CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2015).

Os maiores produtores e consumidores mundiais de canola encontram-se na União Europeia, a canola ocupa o segundo lugar entre as oleaginosas mais produzidas no mundo (USDA, 2016). No Brasil, considerada uma das melhores alternativas para diversificação de culturas de inverno e geração de grãos no Sul (MORI et al, 2014).

Representando uma nova alternativa de produção agrícola para cultivo de inverno, a canola torna-se potencial fonte de proteína e energia para ser utilizada na dieta de aves, onde as sementes apresentam em seu conteúdo 19 a 25% de proteína de alta qualidade (SHEN et al., 1983; MENG et al., 2004, 2006; MONTOYA; LETERME, 2010), vitaminas e fósforo disponível. O óleo (40 a 45%) presente no grão, contém baixa concentração de gordura saturada e quantidades satisfatórias de ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs), como o ácido α linolênico (18: 3 ω 3; 10%) e seus derivados ácido eicosapentaenóico (EPA, C20: 5 ω 3) e ácido docosapentaenóico (DHA, C22: 6 ω 3) (FOULADI et al., 2012).

O valor energético do grão da canola é de aproximadamente 6500 a 7000 kcal/kg (BRAND et al., 2000; MONTOYA; LETERME, 2010; TOGHYANI et al., 2017), considerando que a encapsulação dos nutrientes geradores de energia, devido ao não rompimento da estrutura da semente pode reduzir esse valor, juntamente com a incapacidade dos animais não ruminantes de digerir os polissacarídeos da parede celular (JIA et al., 2008; MENG et al., 2005; SLOMINSKI et al., 2006). Desse modo, pelo processamento da moagem dos grãos de canola aumenta-se a utilização dos nutrientes (MUZTAR; SLINGER, 1982; SALMON et al., 1988), como a degradação dos glóbulos lipídicos que melhora a digestibilidade do óleo e proporciona maior energia

metabolizável (BAREKATAIN et al., 2015). Segundo Golian et al. (2007), os valores de energia metabolizável (EM) do grão da canola podem ser elevados de 3.755 para 4.019 kcal/kg e a digestibilidade da gordura 81,3 para 96,6% quando submetidos a processamentos.

2.2 CANOLA NA ALIMENTAÇÃO DE AVES

O grão de canola, devido ao alto teor de óleo em sua composição, é um ingrediente de alta energia que pode potencialmente substituir alimentos energéticos e gorduras suplementares nas dietas para aves.

A canola em grão foi avaliada em determinados ensaios com o objetivo de inclusão nas dietas de não ruminantes (MENG et al., 2005, 2006; SLOMINSKI et al., 2006) e tem demonstrado valores satisfatórios de até 10% de inclusão para frangos de corte, galinhas poedeiras e perus (LEESON et al., 1978; SALMON et al., 1988; AJUYAH et al., 1991)

Em um estudo, Jia et al. (2008) investigaram os efeitos da canola em grão (150 g/kg) com adição enzimática de uma multicarboidrase sobre produção de ovos, digestibilidade dos nutrientes e composição de ácidos graxos, os autores encontraram diminuição no consumo, menor viscosidade da digesta jejunal, valor de EMAn de 4.460 kcal/kg e menores teores de ácidos graxos saturados.

Com o intuito de avaliar os efeitos da inclusão de 15% de canola em grão para frangos de corte Barekatain et al. (2015), realizaram inicialmente um experimento determinando a EMa (5.038 kcal/kg) para no próximo ensaio verificar o desempenho e utilização dos nutrientes pelas aves pela forma de processamento, concluindo que o óleo pode ser substituído por canola em grão inteiro ou moído em dietas peletizadas (frio/vapor). Não houve diferenças no desempenho das aves alimentadas com dietas peletizadas com canola inteira ou moída no nível de 15%, entretanto, a inclusão da canola em nível mais elevado resultou em menor consumo e ganho de peso quando a semente não foi moída antes da peletização, além de reduzir a digestibilidade da gordura.

De acordo com Meng et al. (2006), a inclusão de 15% de canola em grão triturado resultou em menor digestibilidade de gordura e proteína, afetando negativamente a EMAn da dieta, embora o grão de canola tenha um alto nível de

energia bruta, a utilização pelas aves ainda é restrita, demonstrando que seu valor nutricional é afetado pela incompleta ruptura da semente no processo digestivo.

O processo de rompimento das células intactas de parede celular dos polissacarídeos não amiláceos pelo processo de moagem dos grãos expõe os nutrientes encapsulados, essa interferência resulta em uma digestão mais eficiente pela moela das aves, , não permitindo que o óleo passe sem ser digerido para o intestino delgado (MENG et al., 2006).

Leeson et al. (1978) analisaram a inclusão de 10 e 20% de canola na dieta de frangos de corte e poedeiras, nas formas de grão inteiro, inteiro auto clavado e moído. Os resultados indicaram que a produção de ovos com inclusão de canola foi superior que a dieta controle e não apresentaram diferença quanto a forma de fornecimento, para os frangos de corte o ganho de peso não foi influenciado pelos tratamentos, mostrando que pode ser incluída em até 20% e que a moagem não apresenta vantagem, apenas a autoclavagem do grão.

Resultados contrários foram relatados por Summers et al. (1982) observando uma redução no consumo e ganho de peso de frangos de corte alimentados com dietas contendo 17,5% ou mais de canola em grão. Posteriormente, Leeson et al. (1987) realizaram um estudo verificando o melhor nível de canola em grão, encontrando redução no consumo nas dietas que continham mais de 10% de inclusão, relacionando a elevada ingestão de gordura presente nos grãos. Em revisões de 2015 do Canola Council of Canada, a inclusão máxima recomendada do farelo de canola nas dietas comerciais de aves era restrita a 10%.

Contudo Oryschak et al. (2020) demonstra que a canola extraída com solventes ou extrusada pode ser fornecido para poedeiras com inclusões de até 20%, sem apresentar efeitos adversos na produtividade das aves ou na qualidade dos ovos. Ao avaliar farelo de canola para perus em crescimento Zdunczyk et al. (2013), não encontraram diferenças significativas quando dietas contendo 0, 60, 120 ou 180 g kg⁻¹ de FC foram fornecidas as aves.

Da mesma forma perus em crescimento não sofreram alterações no ganho de peso quando foram utilizadas dietas com níveis de inclusão de 60, 120 e 180 g kg⁻¹ de FC (MIKULSKI et al., 2012). Em frangos de corte em crescimento, a inclusão de até 180 g kg⁻¹ não teve efeito adverso no desempenho do crescimento e na utilização de nutrientes em (BALOCH et al., 2003; AHMAD et al., 2007; MUSHTAQ et al., 2007).

Alguns trabalhos de pesquisa também foram desenvolvidos com o intuito de comparar a composição química e nutritiva do farelo de canola derivado de diferentes processos de extração do óleo e a variedades de canola em frangos e perus (SLOMINSKI et al., 1999; RADFAR et al., 2017; KOZLOWSKI et al., 2018; RAD-SPICE et al., 2017).

2.3 EMA e EMAn

Na digestibilidade do grão da canola, a energia metabolizável é a forma utilizada para aves, resultado da diferença entre a energia bruta do alimento e a energia bruta das excretas (fezes e urina) e dos gases da digestão (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016). Praticamente todas as rações para aves são formuladas com base em EMAn, onde os valores EMA medidos são corrigidos para retenção zero de nitrogênio (N), embora as poedeiras produtivas e os frangos retenham 40 a 50% do N consumido (COZANNET et al., 2010). Um detalhe importante dessa correção é que reduz o valor de ingredientes ricos em proteínas.

Na nutrição de não ruminantes a capacidade energética é representada pela energia metabolizável do ingrediente que está sendo incluído nas dietas. A EMA da canola em grão intacto variou de 4.440 a 5.200 em estudo em galos desenvolvido por Assadi et al. (2011), conforme o autor devido a diversos fatores como variedades, teores dos nutrientes, fatores antinutricionais e a resposta das aves, quanto a palatabilidade e textura das sementes.

O sistema EMA subestima o valor energético da gordura dietética e superestima o valor energético dos ingredientes ricos em proteínas (BARZEGAR et al., 2020) como o caso da canola grão moído. As estimativas de digestibilidade dos nutrientes podem variar dependendo da metodologia do ensaio, aspectos relacionados ao tipo da ave, linhagem, idade e sexo e aspectos dietéticos como o tipo e o conteúdo de fibra e fatores antinutricionais (RAVINDRAN et al., 2005; ADEDOKUN et al., 2009; RAVINDRAN et al., 2017), adiante os valores de EM dos ingredientes variam entre os tipos de animais e estágios fisiológicos.

Outro aspecto importante relacionado a nutrição de poedeiras é que a suplementação de calcário como fonte de cálcio na dieta resulta em um aumento nas perdas endógenas de energia e diminui o teor de EMAn dos ingredientes para poedeiras em comparação com galos (Cozannet et al. (2010). Portanto, são

necessárias estimativas precisas da energia real disponível dos ingredientes utilizados nas formulações de dietas para cada categoria animal.

Referências

ABPA 2021 - Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório anual 2021**. Disponível em: < <http://abpa-br.org>.

ADEDOKUN, S.; UTTERBACK, P.; PARSONS, C. M.; ADEOLA, O.; LILBURN, M.; APPLEGATE, T. Comparison of amino acid digestibility of feed ingredients in broilers, laying hens and caecectomised roosters. **British Poultry Science**, v. 50, p. 350-358, 2009.

AHMAD, G.; MUSHTAQ, T.; ASLAM MIRZA, M.; AHMED, Z. Comparative bioefficacy of lysine from L-lysine hydrochloride or L-lysine sulfate in basal diets containing graded levels of canola meal for female broiler chickens. **Poultry Science**, v. 86, p. 525-530, 2007.

AJUYAH, A. O.; LEE, K. H.; HARDIN, R. T. et al. Changes in the yield and in the fatty acid composition of whole carcass and selected meat portions of broiler chickens fed full-fat oil seeds. **Poultry Science**, v. 70, p. 2304-2314, 1991.

ASSADI, E.; JANMOHAMMADI, H.; TAGHIZADEH, A.; ALIJANI, S. 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 Applied Poultry Research**, v. 20, p. 95-101, 2011.

BALOCH, G. M.; SOLANGI, A. A.; WAGAN, M. P.; TAHIRA, M. Efficiency of canola meal in broiler ration. **Journal of Animal Veterinary Advances**, v. 2, p. 138-142, 2003.

BAREKATAIN, M. R.; WU, S. B.; TOGHYANI, M. 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.

BARZEGAR, S.; WU, S.; CHOCT, M.; ROBERT, A. S. Implementation of net energy evaluating system in laying hens: Validation by performance and egg quality. **Poultry Science**, v. 99, p. 2624-2632, 2020.

BETT, V.; SANTOS, G. T.; AROEIRA, L. J. M. et al. Desempenho e digestibilidade in vivo de cordeiros alimentados com dietas contendo canola integral em diferentes formas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, p. 808-815, 1999.

BRAND, T.S.; DE BRABANDER, L.; VAN SCHALKWYK, S.J.; 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, p. 201-203, 2000.

- CANOLA COUNCIL OF CANADA. **Annual Report 2015**. Canada: Winnipeg. 2015.
- CHAVARRIA, G.; TOMM, G. O.; MULLER, A. et al. Índice de área foliar em canola cultivada sob variações de espaçamento e de densidade de semeadura. **Ciência Rural**, v. 41, p. 2084-2089, 2011.
- COZANNET, P., LESSIRE, M.; GADY, C.; METAYER, J.; PRIMOT, Y.; SKIBA, F.; NOBLET, J. 2010. Energy value of wheat dried distillers grains with solubles in roosters, broilers, layers, and turkeys. **Poultry Science**, v. 89, p. 2230-2241, 2010.
- DOWNEY, R. K.; BELL, J. M. New developments in canola research. In: CANOLA AND RAPESEED. PRODUCTION, CHEMISTRY, NUTRITION AND PROCESSING TECHNOLOGY, New York, p. 37-42, 1990.
- FOULADI, P.; NOBAR, R. S. D.; MAHERI SIS, N. et al. Effect of choline chloride supplement and canola oil on the Japanese quail livers and bloods cholesterol and triglyceride contents. **Annals of Biological Research**, v. 3, p. 437-444, 2012.
- GOLIAN, A.; CAMPBELL, L. D.; NYACHOTI, C.M. et al. Nutritive value of an extruded blend of canola seed and pea (EnermaxTM) for poultry. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 87, p. 115-120, 2007.
- JIA, W.; SLOMINSKI, B. A.; GUENTER, W.; JONES, O. 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, p. 2005-2014, 2008.
- KHAJALI F.; SLOMINSKI B. A. Factors that affect the nutritive value of canola meal for poultry. **Poultry Science**, v. 91, p. 2564-2575, 2012.
- KOZLOWSKI, K.; MIKULSKIA, D.; ROGIEWICZC, A.; ZDUNCZYKB, Z.; RAD-SPICEC, M.; JEROCHA, H.; JANKOWSKIA, J.; SLOMINSKIC, B. A. Yellow-seeded B. napus and B. juncea canola. Part 2. Nutritive value of the meal for turkeys. **Animal Feed Science and Technology**, v. 240, p. 102-116, 2018.
- 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, p. 875-880, 1987.
- LEESON, S.; SLINGER, S. J.; SUMMERS, J. D. Utilization of whole tower rapeseed by laying hens and broiler chickens. **Canadian Journal Animal Science**, v. 58, p. 55-61, 1978.
- LIU, W., YAN, X.G.; YANG, H.M.; ZHANG X.; WU, B.; YANG, P.L.; BAN Z. B. Metabolizable and net energy values of corn stored for 3 years for laying hens, **Poultry Science**, v. 99, p. 3914-3920, 2020.

MENG, X.; SLOMINSKI, B. A.; GUENTER, W. The effect of fat type, carbohydrase, and lipase addition on growth performance and nutrient utilization of young broilers fed wheat-based diets. **Poultry Science**, v. 83, p. 1718-27, 2004.

MENG, X.; SLOMINSKI, B. A.; NYACHOTI, C.M.; CAMPBELL, L. D.; GUENTER, W. Degradation of cell wall polysaccharides by combinations of carbohydrase enzymes and their effect on nutrient utilization and broiler chicken performance. **Poultry Science**, v. 84, p. 37-47, 2005.

MENG, X.; SLOMINSKI, B.A.; CAMPBELL, L. D.; GUENTER, W.; JONES, O. The use of enzyme technology for improved energy utilization from full- fat oilseeds. Part I: canola seed. **Poultry Science**, v. 85, p. 1025-1030, 2006.

MIKULSKI, D.; JANKOWSKI, J.; ZDUNCZYK, Z.; JUSKIEWICZ, J.; SLOMINSKI, B. A. The effect of dietary levels of rapeseed meal on growth performance, carcass traits, and meat quality in turkeys. **Poultry Science**, v. 91, p. 215-223, 2012.

MONTOYA, C. A; LETERME, P. Validation of the net energy content of canola meal and fullfat canola seeds in growing pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 90, p. 213-219, 2010.

MORI, C.; TOMM, G.O; FERREIRA, P.E.P. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da canola no mundo e no Brasil**. Disponível em <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do149_1.htm>, acesso em 14 fev 2021.

MURAKAMI, A. E.; FURLAN, A. C. Pesquisa na nutrição e alimentação de codornas em postura no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE COTURNICULTURA, 2002, Lavras. **Anais** [...]. Universidade Federal de Lavras: Lavras, 2002, p.113-120.

MUSHTAQ, T., SARWAR, M., AHMAD, T., MIRZA, M.A., NAWAZ, H., MUSHTAQ, M. M., NOREEN, U. Influence of canola meal-based diets supplemented with exogenous enzyme and digestible lysine on performance, digestibility, carcass, and immunity responses of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 86, p. 2144-2151, 2007.

MUZTAR, J.A., SLINGER, S.J. The true metabolizable energy and amino acid content of candle and regent canola meals. **Canadian Journal Animal Science**, v. 62, p. 521-525, 1982.

ORYSCHAK, M. A.; SMIT, N.; BELTRANENA, E. Brassica napus and Brassica juncea extruded-expelled cake and solvent-extracted meal as feedstuffs for laying hens: Lay performance, egg quality, and nutrient digestibility. **Poultry Science**, v. 99, p. 350-363, 2020.

RADFAR, M.; ROGIEWICZ, A.; SLOMINSKI, B. A. Chemical composition and nutritive value of canola-quality Brassica juncea meal for poultry and the effect of enzyme supplementation. **Animal Feed Science and Technology**, v. 225, p. 97-108, 2017.

- RAD-SPICE, M.; ROGIEWICZ, A.; JANKOWSKI, J.; SLOMINSKI, B. A. Yellow-seeded B. napus and B. juncea canola. Part 1. Nutritive value of the meal for broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 240, p. 66-77, 2018.
- RAVINDRAN, V., HEW, L. I.; RAVINDRAN, G.; BRYDEN, W. L. Apparent ileal digestibility of amino acids in dietary ingredients for broiler chickens. **Animal Science**, v. 81, p. 85-97, 2005.
- RAVINDRAN, V.; ADEOLA, O.; RODEHUTSCORD, M.; KLUTH, H.; VAN DER KLIS, J. D.; VAN EERDEN, E.; A. HELMBRECHT, A. Determination of ileal digestibility of amino acids in raw materials for broiler chickens – Results of collaborative studies and assay recommendations. **Animal Feed Science and Technology**, v. 225, p. 62-72, 2017.
- SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S., 2016: **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2016.
- SALMON, R. E.; STEVENS, V. I.; LABROOKE, B. D. Full-Fat canola seed as a feedstuff for turkeys. **Poultry Science**, v. 67, p. 1731-1742, 1988.
- 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, p. 303-311, 1983.
- SLOMINSKI, B. A.; MENG, X.; CAMPBELL, L. D.; GUENTER, W.; JONES, O. The use of enzyme technology for improved energy utilization from full-fat oilseeds. Part II: flaxseed. **Poultry Science**, v. 85, p. 1031-1037, 2006.
- SLOMINSKI, B. A.; SIMBAYA, J.; CAMPBELL, L. D.; RAKOW, G.; GUENTER, W. Nutritive value for broilers of meals derived from newly developed varieties of yellow seeded canola. **Animal Feed Science and Technology**, v. 78, p. 249-262, 1999.
- SUMMERS, J., SHEN, H., LEESON, S. The value of canola seed in poultry diets. **Canadian Journal Animal Science**, v. 62, p. 861-868, 1982.
- TOGHYANI, M.; GIRISH, C. K.; WU, S. B. Effect of elevated dietary amino acid levels in high canola meal diets on productive traits and cecal microbiota population of broiler chickens in a pair-feeding study. **Poultry Science**, v. 96, 1268-1279, 2017.
- USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Production, Supply and Distribution**. Disponível em: <http://apps.fas.usda.gov/psdonline/>. Acesso em: 14 mar. 2021.
- ZDUNCZYK, Z.; JANKOWSKI, J.; JUSKIEWICZ, J., MIKULSKI, D.; SLOMINSKI, B. A. Effect of dietary levels of low-glucosinolate rapeseed (canola) meal and non-starch polysaccharide-degrading enzymes on growth performance and gut physiology of growing turkeys. **Canadian Journal Animal Science**, v. 93, p. 353-362, 2013.

3. ESTRATÉGIA DA PESQUISA

A canola grão moído em dietas de poedeiras comerciais pode ser um alimento alternativo de alto potencial nutritivo. Entretanto, precisa-se determinar os valores de energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) e os coeficientes de metabolização de energia e nutrientes. Com a determinação dessas variáveis é possível estabelecer qual o nível adequado de inclusão na dieta das aves. Raros trabalhos na literatura atentam especificamente para a possibilidade de uso de canola em grão moído na matriz nutricional de poedeiras.

A canola apresenta em sua composição bromatológica elevado teor de energia bruta (6000 kcal/kg), expressivo valor de proteína bruta (20%), se incorporada na alimentação de poedeiras comerciais, mantém o desempenho zootécnico das aves e a qualidade dos ovos.

Assim, a tese divide-se em dois experimentos a fim de:

1. Determinar EMA, EMAn e os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes da canola grão moído a partir das equações propostas por Sakomura, Rostagno (2017) e Adeola; Ileleji (2009).
2. Avaliar a produção e qualidade de ovos com a utilização de canola grão moído nas dietas e os efeitos sobre os parâmetros sanguíneos e carcaça.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Para avaliar a digestibilidade dos alimentos para poedeiras, foi escolhido a canola grão moída pelo seu valor energético e proteico, e posterior inclusão nas dietas. Os ensaios foram denominados de “Ensaio Digestibilidade” e “Ensaio Desempenho”.

Os ensaios foram executados no Setor de Avicultura do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), aprovado pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal – CETEA da UDESC sob parecer n.º 7439110817, conduzido conforme padrões técnicos de ética e biossegurança.

As poedeiras comerciais da linhagem Hisex Brown® foram recebidos com um dia de idade e alojadas em pinteiro único, com ambiente aquecido em temperatura de 30 a 32°C, sobre cama de maravalha, recebendo água e ração isonutritiva à vontade. Durante este período as aves receberam dieta inicial (1 a 4 semanas), cria (5 a 10 semanas), recria (11 a 15 semanas) e pré-postura (16 a 18 semanas) de acordo com as recomendações de Rostagno et al. (2017) e manual da linhagem. Nas fases de cria e recria foram realizadas as pesagens individuais de 20% das aves, obtendo-se o médio e a variação de $\pm 10\%$ para os cálculos de uniformidade do lote. Na 18^a semana com a postura dos primeiros ovos as aves foram transferidas para as gaiolas.

4.1 ENSAIO DIGESTIBILIDADE

Na 22^a semana 192 aves foram selecionadas pela uniformidade de peso médio para compor as repetições experimentais. As mesmas, foram alocadas em 48 gaiolas metabólicas com dimensões de 50 x 50 cm, dotadas de comedouro tipo calha, bebedouros tipo *nipple* acoplados a um reservatório individual de água e uma bandeja coletora de excretas. O ambiente foi climatizado de acordo com a temperatura de conforto para as aves, conforme preconiza o manual da linhagem.

As poedeiras foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, perfazendo dois tratamentos e dieta referência, com oito repetições de oito aves. A ração referência foi substituída em 20 e 40 % pela canola grão moído, conforme recomendações de Rostagno et al. (2017) (Tabela 1). Durante a fase experimental as aves receberam alimento e água à vontade.

A fase experimental contou com um período de adaptação de 4 dias e 5 dias de coleta total de excretas. Para marcar o início e fim do período de coleta foi utilizado 2% de óxido férreo na ração. As excretas foram coletadas em bandejas, previamente revestidas com plástico para evitar contaminação e perdas, segundo a metodologia proposta por Sakomura; Rostagno (2017), determinando o consumo de ração e a produção total de excretas.

As excretas foram armazenadas em sacos plásticos devidamente identificados e seguiram para o acondicionamento em freezer a -20 °C, ao final do período experimental homogeneizadas e uma amostra de cada repetição seca em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 h, a fim de promover a pré-secagem e a determinação da matéria seca ao ar. Em seguida as amostras foram moídas em moinho tipo faca, com peneira de 16 mash e crivos de 1 mm.

Tabela 1 - Composição centesimal e nutricional da ração referência para galinhas poedeiras

Ingredientes	Quantidade
Milho	64,61
Soja farelo	21,90
Calcário	9,30
Óleo de soja	1,80
Fosfato bicálcico	1,29
Sal comum	0,41
Adsorvente	0,20
DL-metionina	0,195
L-lisina	0,09
Premix vitamínico e mineral	0,20
Total	100,0
Composição Calculada	
Energia metabolizável (Kcal/Kg)	2.850
Proteína bruta (%)	15,14
Cálcio (%)	3,89
Fósforo disponível (%)	0,318
Lisina digestível (%)	0,756
Metionina digestível (%)	0,408
Sódio (%)	0,179

Níveis por quilograma de produto: Metionina, mín 173,25 g; Colina, mín 39,15 g; Vitamina A, mín 1.750.000 UI; Vitamina D3, mín 450.000 UI; Vitamina E, mín 2.750 UI; Vitamina K3, mín 325 mg; Vitamina B1, mín 112,5 mg; Vitamina B2, mín 875mg; Vitamina B6, mín 425 mg/kg, Vitamina B12, mín 2.500 mcg, Niacina, min 6.000 mg; Ácido Pantotênico, mín 1.840mg; Ácido Fólico, mín 50 mg; Biotina, mín 4 mg; Ferro, mín 7.500 mg; Cobre, mín 2.250 mg; Manganês, mín 15 g; Zinco, mín 15g, Iodo, mín 250 mg; Selênio, mín 62,5 mg; Colistina, 2.000 mg. Fonte: elaborado pela autora, 2021.

Todos os procedimentos foram realizados em duplicata, desde a secagem do material até as leituras, seguindo metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002). As análises foram realizadas em Laboratórios do Departamento de Produção Animal

e Alimentos do CAV/UDESC e Laboratório de Bromatologia e Nutrição de Ruminantes da UFSM.

Com os resultados obtidos pelas análises laboratoriais do alimento, da ração referência, da ração teste e das excretas, foram calculados os valores de energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn), por meio das equações de Hill; Anderson (1958) e estimados pela análise de regressão (Adeola; Ileleji (2009) considerando a energia metabolizável consumida (kcal/kg) em relação ao consumo de canola grão moído.

Os valores de EMA E EMAn das dietas foram calculados de acordo com as seguintes equações:

Energia metabolizável aparente (EMA):

$$\text{EMA}_{\text{dieta basal}} (\text{kcal kg}^{-1}): (\text{EB}_{\text{ingerida}} - \text{EB}_{\text{excretada}}) / \text{MS}_{\text{ingerida}}$$

$$\text{EMA}_{\text{dieta teste}} (\text{kcal kg}^{-1}): (\text{EB}_{\text{ingerida}} - \text{EB}_{\text{excretada}}) / \text{MS}_{\text{ingerida}}$$

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

Energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn):

$$\text{EMAn}_{\text{dieta basal}} (\text{kcal kg}^{-1}): [\text{EB}_{\text{ingerida}} - (\text{EB}_{\text{excretada}} + 8,22 * \text{BN} (\text{N}_{\text{ingerido}} - \text{N}_{\text{excretado}}))] / \text{MS}_{\text{ingerida}}$$

$$\text{EMAn}_{\text{dieta teste}} (\text{kcal kg}^{-1}): [\text{EB}_{\text{ingerida}} - (\text{EB}_{\text{excretada}} + 8,22 * \text{BN} (\text{N}_{\text{ingerido}} - \text{N}_{\text{excretado}}))] / \text{MS}_{\text{ingerida}}$$

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

onde BN (Balanço de Nitrogênio) = nitrogênio consumido (g dia^{-1}) - nitrogênio excretado (g dia^{-1}).

Os coeficientes de metabolizabilidade da EMA (CMEMA) e EMAn (CMEMAn), extrato etéreo (CMEE), matéria seca (CMMS) e proteína bruta (CMPB), conforme metodologia proposta por Sakomura; Rostagno (2017).

Coeficientes de Metabolizabilidade:

$$\text{CM (\%)} = [\text{nutriente}_{\text{ingerido}} \text{ (g ave dia}^{-1}) - \text{nutriente}_{\text{excretado}}] / [\text{nutriente}_{\text{ingerido}} \text{ (g ave dia}^{-1})] \times 100$$

4.2 ENSAIO DESEMPENHO

O ensaio foi realizado com 400 poedeiras comerciais semipesadas da linhagem Hisex Brown® com 38 semanas de idade, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos, oito repetições e 10 aves por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de ração referência (RR), mais quatro rações teste com níveis crescentes de inclusão (10; 20; 30 e 40%) de canola em grão moído. As rações foram isoenergéticas e isonutritivas, formuladas a base de milho e farelo de soja, atendendo as exigências nutricionais das aves, conforme Rostagno et al., 2017 (Tabela 2).

Tabela 2 - Composição centesimal e nutricional das rações experimentais para galinhas poedeiras incluindo CGM

Ingredientes	Rações Experimentais				
	0%	10%	20%	30%	40%
Milho	65,7	56,3	52,1	47,19	37,04
Soja farelo	20,80	17,45	13,24	9,59	5,20
Canola grão moído	0,00	10,00	20,00	30,00	40,00
Calcário	9,35	9,33	9,32	9,30	9,32
Trigo farelo	0,00	0,00	0,00	0,00	5,11
Óleo de soja	1,68	4,23	2,45	0,75	0,00
Fosfato bicálcico	1,27	1,29	1,36	1,43	1,43
Sal comum	0,41	0,41	0,42	0,42	0,42
Adsorvente	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
DL-metionina	0,18	0,22	0,25	0,28	0,30
L-lisina	0,10	0,24	0,39	0,52	0,66
Premix vitamínico	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Premix mineral	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição Calculada					
Energia metabolizável (Kcal/Kg)	2.850	2.850	2.850	2.850	2.850
Proteína bruta (%)	14,79	14,79	14,79	14,79	14,79
Cálcio (%)	3,89	3,89	3,89	3,89	3,89
Fósforo disponível (%)	0,318	0,318	0,318	0,318	0,318
Lisina digestível (%)	0,736	0,736	0,736	0,736	0,736
Metionina digestível (%)	0,387	0,387	0,387	0,387	0,387
Sódio (%)	0,179	0,179	0,179	0,179	0,179

Níveis por quilograma de produto: Metionina, mín 173,25 g; Colina, mín 39,15 g; Vitamina A, mín 1.750.000 UI; Vitamina D3, mín 450.000 UI; Vitamina E, mín 2.750 UI; Vitamina K3, mín 325 mg; Vitamina B1, mín 112,5 mg; Vitamina B2, mín 875mg; Vitamina B6, mín 425 mg/kg, Vitamina B12, mín 2.500 mcg, Niacina, min 6.000 mg; Ácido Pantotênico, mín 1.840mg; Ácido Fólico, mín 50 mg; Biotina, mín 4 mg; Ferro, mín 7.500 mg; Cobre, mín 2.250 mg; Manganês, mín 15 g; Zinco, mín 15g, Iodo, mín 250 mg; Selênio, mín 62,5 mg; Colistina, 2.000 mg. Fonte: elaborado pela autora, 2021.

Inicialmente foi realizada a uniformidade das aves de cada repetição, com pesagem individual, determinando o peso médio e aferindo a variação em relação ao número total de aves na repetição.

O período experimental teve duração de quatro períodos de 28 dias, sendo que ao final de cada período foram realizadas as avaliações de desempenho e qualidade de ovos, ao final do 4º período, mensurações das aves para acúmulo de gordura abdominal, colheita de sangue e armazenamento de ovos para análises futuras.

4.2.1 Características de desempenho

As rações experimentais foram pesadas semanalmente em todos os períodos avaliados para determinação do consumo de ração (g ave dia⁻¹). As aves mortas foram contabilizadas diariamente para correção do consumo de ração, de acordo com Sakomura; Rostagno (2016).

A colheita de ovos foi realizada diariamente (11h:00; 17h:00) com o objetivo de calcular a taxa de postura (%) e a produção de massa de ovos (g ovos ave dia⁻¹), contabilizando todos os ovos produzidos incluindo os quebrados, trincados, anormais e de casca mole.

A taxa de postura foi considerada como sendo o produto da divisão do número de ovos produzidos pelo total de aves da unidade experimental, dada por: Taxa de postura (%) = (número de ovos produzidos / número de aves da repetição) x 100.

Nos dois últimos dias de cada período experimental, recolhiam-se todos os ovos íntegros ou no mínimo seis ovos íntegros de cada unidade experimental e com auxílio de uma balança de precisão de 0,01g os ovos eram pesados, determinado a massa de ovos (g).

O cálculo da conversão alimentar por massa de ovos, expressa a relação entre o consumo de ração e a produção de ovos, sendo calculada pela equação: CA (g g de ovos⁻¹) = consumo de ração (g ave dia⁻¹) / massa de ovos (g).

4.2.2 Qualidade de ovos

Ao final de cada período experimental, em dois dias sequentes, foram realizadas as avaliações de qualidade interna e externa dos ovos, consistindo na amostra de ovos íntegros e vendáveis produzidos em cada repetição de cada tratamento. As características avaliadas foram: peso médio dos ovos (g), gravidade específica (g mL^{-1}), índice de gema, % de casca, % de gema, % de albúmen, peso de casca por superfície de área e espessura da casca (mm).

Inicialmente os ovos foram pesados em balança analítica de precisão e após obtida a gravidade específica através do método de imersão dos ovos em solução salina (NaCl) com densidades ajustadas variando $0,005 \text{ g mL}^{-1}$ desde 1,010 a 1,100 g mL^{-1} . As soluções foram mensuradas com auxílio de um densímetro de massa específica Baumé e os ovos mergulhados nesta solução partindo da menor para a maior concentração, sendo retirados ao emergirem, de acordo com a metodologia descrita por Hamilton (1982).

Para as análises de qualidade interna, três ovos foram selecionados, identificados e pesados individualmente. Após a pesagem, os ovos foram seccionados na porção equatorial, e o conteúdo interno disposto sobre um vidro em uma superfície plana e nivelada para a determinação da altura (mm) e do diâmetro (mm) da gema e do albúmen utilizando paquímetro digital (Digimess®, com precisão de 0,02 mm).

A determinação da altura da gema foi realizada no seu ponto mais alto e para a altura do albúmen, a medida foi realizada na região mais próxima à gema, posteriormente, por meio destes dados foi possível determinar o índice de gema (IG), dado por: $\text{IG} = (\text{altura de gema (mm)} / \text{diâmetro de gema (mm)}) \times 100$ e a Unidade Haugh (UH), calculada de acordo com a fórmula descrita por Siversides; Villeneuve (1994) em que: $\text{UH} = 100\log(h + 7,57 - 1,7W^{0,37})$, onde h representa a altura de albúmen (mm) e w o peso do ovo (g).

Em seguida, a gema e o albúmen foram separados para a pesagem da gema em balança de precisão, e o peso do albúmen foi obtido subtraindo-se do peso do ovo, os pesos da gema e da casca. Os dados de peso permitiram quantificar as porcentagens de gema, albúmen e casca em relação ao peso do ovo, de acordo com a equação: % do componente = (peso do componente (g) / peso do ovo (g)) x 100.

As cascas com a membrana interna intacta, foram lavadas em água corrente, secas por 48 h em temperatura ambiente e, após pesadas em balança analítica de

precisão, aferindo a espessura da casca (mm) na porção equatorial do ovo em 4 pontos distintos, empregando medidor de espessura (Micrometro Digimess®). Ademais, foi determinado o peso da casca por unidade de superfície de área (PCSA), calculado utilizando-se a fórmula adaptada por Rodrigues et al. (1996), em que: PCSA = $(PC / (3,9782 \times PO^{0,7056})) \times 100$, em que: PC = peso da casca (g) e PO = peso do ovo (g), expresso em mg/ cm².

As colorações da superfície das gemas foram medidas usando um colorímetro (CM-5, Konica Minolta Co., Ltd.) com uma área de medição de 8 mm, calibrada com placas de calibração padrão preto e branco. Os valores de cor foram registrados e expressos como L * (+ brilho, - escuro), a* (+ avermelhado, - esverdeado) e b* (+ amarelado, - azulado).

4.2.3 Bioquímica sérica

Por meio de punção da veia braquial, sob contenção física, foram colhidos 3 mL de sangue de cada ave utilizando seringas de 5 mL e agulhas de hipodérmicas 25 x 0,8 mm. O sangue contido na seringa foi imediatamente transferido para microtubo sem anticoagulante. As amostras foram deixadas em repouso por 40 minutos. Após, foram centrifugadas a 3.500 rpm por 10 minutos. O soro coletado foi acondicionado em tubos plásticos de 2 mL e mantida em -20º C para posterior análise.

A mensuração dos seguintes analitos em duplicata foi realizada por espectrofotometria em analisador automático de bioquímica úmida (Labmax Plenno, Labtest®): ácido úrico (método da uricase/peroxidase), proteínas séricas totais (método do biureto e refratometria), albumina (método do verde de bromocresol), globulinas (subtração do valor de albumina ao das proteínas totais), glicose (glicose oxidase), colesterol (hidrólise enzimática e oxidação), triglicerídeos (Enzimático-Trinder), cálcio (colorimétrico - CPC); fósforo (UV -Daly e Ertlingshausen modificado); Alanina Amino Transferase (ALT) (método cinético-UV) e aspartato amino transferase (AST) (método cinético-UV). Os reagentes utilizados pertenciam a kits comerciais, utilizados conforme as instruções preconizadas pelo fabricante (Labtest®).

4.2.4 Parâmetros corporais

Ao final do período experimental, foi aferido em duas aves por repetição de cada tratamento: o comprimento da ave (CA), comprimento do tarso (CT), maior diâmetro do tarso (MDT), menor diâmetro do tarso (MDT), comprimento do esterno (CE) e peso da ave (PA) para avaliação de gordura abdominal por método não-invasivo, conforme metodologia descrita por Souza et al. (2017).

O comprimento da ave foi medido usando uma fita métrica presa a uma superfície plana, onde a ave permaneceu imobilizada e posta em decúbito esterno-abdominal, medindo desde a ponta do dedo maior até o início do bico. Para as demais medidas foi utilizado um paquímetro digital e os dados expressos em cm. As duas aves foram pesadas (peso vivo, g) e posteriormente, realizou-se os cálculos para predizer os valores de gordura abdominal para cada nível de inclusão de canola.

Equações de predição para gordura abdominal (GA) em poedeiras marrons:

$$GA = -2.61 * CA - 31.91 * MDT + 0.101 * PA + 46.12$$

4.2.5 Quantificação de proteínas

O preparo das amostras para a determinação de proteínas totais do albúmen dos ovos foi proveniente de um “pool” de três ovos de cada repetição em cada tratamento, as análises foram realizadas pelo método de quantificação proteica com Reagente Bradford (Bradford, 1976), o procedimento é baseado na formação de um complexo entre o corante Azul de Comassie e moléculas proteicas presentes no ensaio.

Para o ensaio padrão foram preparadas soluções de proteína-padrão (BSA) nas seguintes concentrações (0, 250, 500, 750 e 1500 µg/mL). Adicionou-se 10 µL de cada uma das soluções acima descritas de proteína-padrão a 0,5 mL de reagente de Bradford mais 1 µL de albúmen diluído em água ultrapura 100 vezes a cada tubo e misturou-se por inversão. Após, foi incubada a solução em temperatura ambiente por 5 minutos para mensurar a absorbância em espectrofotômetro a 595nm.

4.2.6 Oxidação lipídica

Ao final do experimento, foram coletados 10 ovos por repetição, sendo cinco analisados na sequência e cinco ovos armazenados em temperatura ambiente por 30 dias, com o intuito de simular condições de prateleira, analisando-se “pools” de três ovos.

A peroxidação lipídica foi determinada por método de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), segundo metodologia descrita por Giampietro et al. (2008), adaptada de Vyncke (1970). “Pools” de três gemas homogeneizadas (10g) foi misturado com 25 mL de solução de ácido tricloroacético (37,5g de TCA, 0,5g de EDTA), homogeneizado durante 2 minutos e filtrado através de papel filtro. Em um tubo de ensaio, 5 mL do filtrado foram misturados com 5 mL de solução de TBARS 0,02 M (ácido tiobarbitúrico, água Milli-Q).

Os tubos contendo a solução total foram fervidos em banho maria (90°C) durante 40 minutos juntamente com o branco (solução TBARS + solução de ácido tricloroacético), arrefecido sob água e levado à densidade óptica (OD) em espectrofotômetro a 532 nm. Essa análise quantifica substâncias reativas ao TBA (ácido tiobarbitúrico) formadas durante a peroxidação lipídica, principalmente o malonaldeído, determinado por curva padrão ($Y = 54,134x + 0,0008$) construída a partir do 1,1,3,3 tetrametoxipropano (TMP) e os resultados expressos em mgTMP.kg⁻¹ de gema.

4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O ensaio de digestibilidade foi conduzido seguindo o delineamento inteiramente casualizado, com três níveis de canola grão moído e oito repetições. Os dados foram inicialmente testados quanto à normalidade através do Teste de Shapiro-Wilk. Os resultados foram analisados utilizando o PROC GLM (General Linear Model) do software estatístico SAS Academic Software (2017), submetidos à análise de variância, considerando-se o nível de significância de 5%.

O ensaio de desempenho foi conduzido seguindo o delineamento inteiramente casualizado, com cinco níveis de canola grão moído e oito repetições. Os dados foram inicialmente testados quanto à normalidade através do Teste de Shapiro-Wilk. Os dados que apresentaram significância, mas não se ajustaram a regressão polinomial,

foram analisados pelo teste de Dunnet, comparando os níveis testados em relação a dieta controle. Os resultados foram analisados utilizando o PROC REG (Procedimentos de Regressão) e o PROC GLM (General Linear Model) do software estatístico SAS Academic Software (2017), conforme o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Onde Y_{ij} = valor observado da variável estudada j, submetido ao tratamento i; μ = média geral de todas as observações; T_i = efeito do tratamento ($i = 0, 10, 20, 30$ e 40% de canola grão moído); e_{ij} = erro experimental.

5. OBJETIVO GERAL

Estimar o valor nutricional da canola grão moído para galinhas de postura e avaliar o impacto de diferentes níveis de inclusão na dieta sobre produtividade e qualidade de ovos.

6 HIPÓTESES

6.1 HIPÓTESE GERAL

A canola grão moído pode ser uma estratégia de alimentação para as aves de postura, devido ao seu elevado potencial nutritivo. No entanto, o percentual incluído nas dietas poderá influenciar o desempenho das aves.

6.2 HIPÓTESES ESPECÍFICAS

- a) A canola possui valores de energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) que potencializa seu uso na postura comercial com um alimento energético-proteico.
- b) A inclusão da canola grão moído em dietas de poedeiras não afetará a produção de ovos. Adicionalmente, a redução no consumo de ração será dependente do nível de inclusão.
- c) Poedeiras recebendo canola em grão moído na dieta não modifica a qualidade de ovos.
- d) A inclusão de canola em grão moído em dietas de poedeiras altera o valor dos parâmetros bioquímicos de sangue, devido ao valor nutricional da canola.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados dos ensaios denominados “Digestibilidade” e “Desempenho” serão apresentados separadamente.

7.1 ENSAIO DIGESTIBILIDADE

Devido a qualidade proteica e energética a canola vem sendo veiculada como uma alternativa na alimentação animal. Os grãos apresentaram em seu conteúdo 20% de proteína bruta, valor energético de 6227 kcal kg⁻¹, extrato etéreo de 30%, fibra em detergente neutro de 16%, fibra em detergente ácido de 10% e teor de matéria seca de 89%.

Esses resultados são semelhantes ao encontrados por Montoya; Leterme (2010) para valores de energia bruta em torno de 6.000 kcal kg⁻¹, proteína bruta aproximada de 20-25% (ASSADI et al, 2011; IBRAHIM et al., 2020) e menor valor de extrato etéreo conforme os achados de Barekatain et al. (2015) e Toghyani et al. (2017).

O presente estudo determinou os valores de energia metabolizável (EMA) (EMA) e energia metabolizável aparente corrigido pelo balanço de nitrogênio (EMAn) e os coeficientes de metabolização de energia metabolizável, matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo do grão da canola moída em dois níveis de substituição em dietas de poedeiras (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores de EMA, EMAn e os coeficientes de metabolizabilidade dos nutrientes para CGM com 20 ou 40% de substituição na dieta

		EMA (kcal/kg)	EMAn (Kcal/kg)	CMEMA (%)	CMEMA n (%)	CMEC (%)	CMMS (%)	CMPB (%)
Nível	20%	4,262	4,195	61,84	60,75	76,5	86,7	67,6
	40%	4,196	4,140	69,11	68,24	87,2	87,3	67,8
CV (%)		4,24	4,21	1,48	1,52	4,95	0,009	1,91
P		0,572	0,497	<0,0001	<0,0001	0,015	<0,0001	0,787

CV: coeficiente de variação; CMMS: coeficientes de metabolização de matéria seca, CMPB: coeficientes de metabolização da proteína bruta; coeficientes de metabolização do extrato etéreo.

Fonte: elaborado pela autora, 2021.

Os valores de EMA e EMAn da canola grão moído para galinhas poedeiras foi em torno de 4.200 e de 4.150 kcal kg⁻¹, respectivamente. Barbour; Sim (1991), avaliando canola integral para galos em 30 % de substituição, observaram valores de

4.623 de EMV e 4.487 kcal/kg de EMvn, considerando dessa forma as perdas metabólicas e endógenas. Resultado divergente foi observado por Breytenbach, (2005), que ao incluir na dieta canola para frangos de corte reportou aumento do valor de 3.706 para 4.588 Kcal kg⁻¹, devido ao tratamento térmico aplicado aos grãos.

Considerando que há no grão da canola um envoltório protetor na estrutura da semente, conhecido como “encapsulação dos nutrientes”, este pode reduzir o valor dos nutrientes geradores de energia, devido ao não rompimento desta estrutura. Dessa forma, outros tipos de tratamentos como o processo de moagem dos grãos podem aumentar a disponibilidade dos nutrientes, incluindo a degradação dos glóbulos lipídicos que melhora a digestibilidade dos lipídeos e proporciona maior energia metabolizável. Por este motivo, Assadi et. al. (2011); Meng et al. (2006), Barekatain et al., (2015), reiteram que a moagem dos grãos traz benefícios ao desempenho das aves.

O nível de substituição não alterou ($P>0,05$) a EMA e a EMAn entre os níveis de 20 e 40%. Pelo método de substituição da dieta referência, uma parte da dieta de referência/basal é substituída pelo ingrediente teste.

A porcentagem de substituição do alimento na dieta referência também afeta a precisão dos valores de EM determinados (SIBBALD; PRICE, 1975). Sakomura; Rostagno (2016) comentam que quanto maior a proporção do alimento na dieta teste, maior a precisão na determinação, contudo, o nível de inclusão do alimento depende do tipo de alimento e normalmente tem sido de 20 a 40%. Bourdillon et al. (1990) recomendam 30 a 40% para grãos e valor menor para outros ingredientes, conforme Adeola; Ileleji (2009), a incorporação do alimento em um nível relativamente alto nas dietas é essencial para gerar um valor de energia confiável.

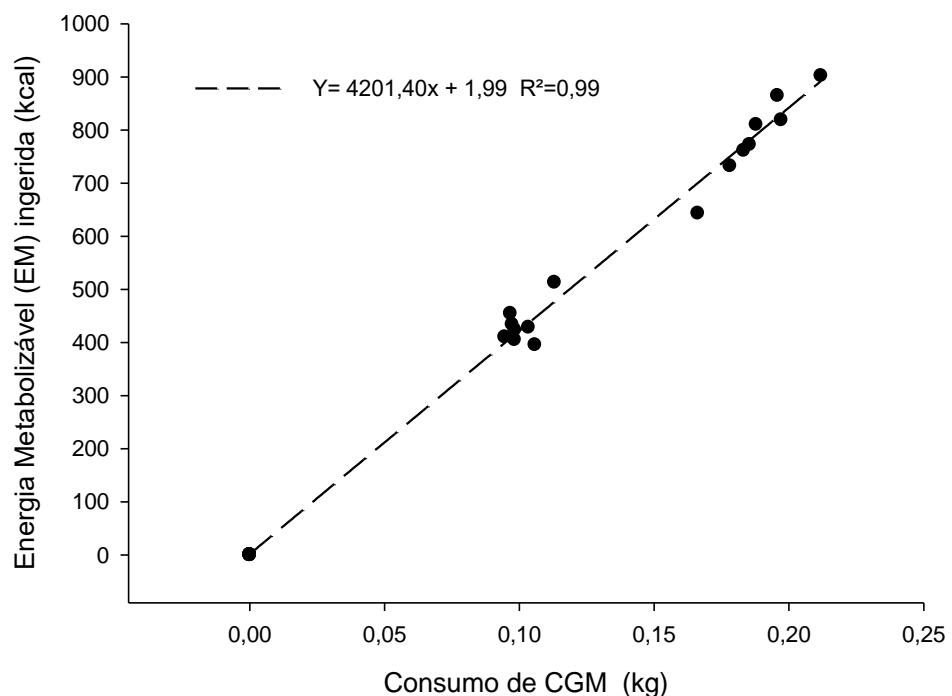
Um aspecto a ser considerado é o teor de fibras que pode reduzir a digestibilidade dos nutrientes por aumentar a taxa de passagem e/ou dificultar a ação das enzimas digestivas (FREITAS et al; 2004). Ainda é importante destacar que a dieta referência e as dietas teste são suplementadas com minerais e vitaminas para garantir que elas sejam semelhantes e balanceadas.

Neste estudo, os coeficientes de metabolizabilidade da MS (CMMS) e do EE (CMEE) foram influenciados pelos níveis de substituição de CGM ($P>0,05$), indicando que 40% de CGM na dieta teste aumenta a digestibilidade da gordura, possivelmente atribuída a maior quantidade de óleo na dieta.

Portanto, em experimentos de digestibilidade para avaliar a EM da canola em grão moída pode-se fazer uso de 20 a 40% de substituição da dieta referência.

Por meio da análise de regressão linear, outro método de estimar os valores médios de EMA e EMAn do CGM, em que o coeficiente angular das equações representa a EMA e EMAn, considerando a EM consumida (kcal kg⁻¹) em relação ao consumo de CGM (Adeola; Ileleji, 2009). No presente experimento foi encontrado valores de 4.200 kcal kg⁻¹ de EMA e de 4.170 kcal kg⁻¹ de EMAn (Figura 1 e 2). Os valores de EMA e EMAn para a CGM de acordo com o método de substituição da dieta referência foram semelhantes aos obtidos por regressão linear da EM ingerida (kcal) associados ao consumo de CGM (g).

Figura 1-Equação de regressão da EMA da CGM, obtida a partir da EMA (Kcal kg⁻¹) consumida em relação ao consumo de CGM

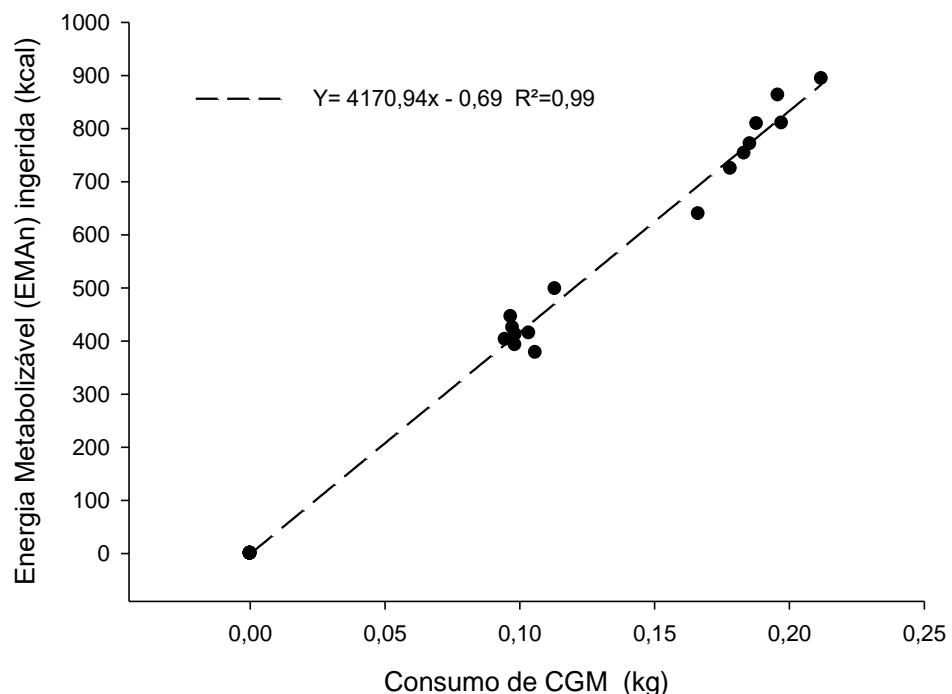


Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Os valores obtidos de EMA para a CGM foram de aproximadamente 4.200 kcal kg⁻¹. Conforme dados de Niemann et al., (2018) para dietas de avestruz o valor de EMA da canola grão foi de 4.300 kcal kg⁻¹. Com vantagem de ser econômico e rápido, pode não prever precisão os valores de AME e AMEn sem dados de bioensaios disponíveis. Brand et al. (2000) obtiveram valores de energia metabolizável verdadeira

(EMV) de 5.375 kcal kg⁻¹ também com avestruz recebendo canola em grão em ensaio de metabolismo.

Figura 2- Equação de regressão da EMA_n da CGM, obtida a partir da EMA_n (kcal kg⁻¹) consumida em relação ao consumo de CGM



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Barbour; Sim (1991) constataram valores de EM verdadeira e verdadeira corrigida, de 4.623 e 4.487 kcal kg⁻¹, respectivamente, para o grão de canola integral com galos. Os métodos in vivo são baseados em energia metabolizável aparente ou verdadeira com ou sem ajustes feitos para retenção zero de nitrogênio (HILL; ANDERSON, 1958) ou para um coeficiente de retenção de nitrogênio padronizado (COZANNET et al., 2010).

De acordo com Adeola; Ileleji (2009), como a utilização de energia é afetada pela idade, espécie e qualidade da proteína de um alimento, a EM deve ser corrigida para a retenção de nitrogênio que ocorre durante o período de ensaio. Outro aspecto considerado é que os valores energéticos podem ser influenciados pela composição química dos ingredientes, pois a energia é produzida através da oxidação dos nutrientes durante o metabolismo.

Kunrath et al. (2010), evidencia que o método utilizado para estimar o valor nutricional dos ingredientes na alimentação animal pode influenciar nos resultados.

Logo, a análise de regressão da EMA e EMAn através do método proposto por Adeola; Illejji, (2009) permite a obtenção de um valor aproximado e mais preciso da EM evitando que este valor seja obtido simplesmente através de uma média aritmética dos valores gerais. Dessa forma, os valores de EM dos ingredientes teste podem ser calculados usando regressão linear do valor de EM medido das dietas contra os níveis de inclusão de cada ingrediente (Wu et al., 2020).

Considerando que a EMA e EMAn de uma dieta consistem em energia contribuída aditivamente por ingredientes individuais, o valor energético desses ingredientes também pode ser calculado por equações de regressão linear (BARZEGAR et al. 2019). Este método foi aplicado em suínos por Noblet et al. (1993) para um grupo de 13 ingredientes e em frangos (LOPEZ; LEESON, 2008) para o cálculo dos valores de EMA e EMAn de milho e farelo de soja.

Os resultados do estudo atual mostraram concordância entre a substituição da dieta referência e os método de regressão para estimar o conteúdo de EMA e EMAn da CGM, usando níveis de substituição.

7.2 ENSAIO DESEMPENHO

Não foi verificado efeito da inclusão de 10 e 20% de CGM sobre o consumo de ração diário de galinha poedeiras por período avaliado independentemente e no acumulado (Tabela 4). Porém, a variável apresentou diferença significativa com inclusão de 30% de CGM para os períodos primeiro, quarto e no acumulado ($P<0,05$). Com inclusão de 40% de CGM na dieta das aves, o consumo de ração diminui em todos os períodos e no acumulado, quando comparados com o controle.

Tabela 4 - Consumo médio diário de ração de galinhas poedeiras em função dos níveis de inclusão de CGM

Tratamentos	Consumo de Ração (g ave dia ⁻¹)				
	1º Período	2º Período	3º Período	4º Período	Acumulado
0%	121	117	117	112	116
10%	120	110	111	108	113
20%	119	107	111	108	111
30%	114*	105	107	103*	107*
40%	112*	101*	103*	96*	103*
CV	3,94	7,05	4,90	5,93	4,78
EPM	0,001	0,002	0,001	0,01	0,01

EPM: Erro padrão da média; CV: coeficiente de variação; *Diferem estatisticamente do controle pelo teste Dunnott, a 5% de probabilidade. Fonte: elaborado pela autora, 2021.

O consumo de ração, tendeu à redução com o aumento dos níveis de inclusão de canola grão moído nas dietas e, por consequência, melhorou a conversão alimentar por massa de ovos (Tabela 6).

Conforme relatos de Summers et al. (1982) e Barekatain et al. (2015) a inclusão de CG em nível alto nas dietas para aves é frequentemente evitada devido a preocupações com glucosinolatos residuais e efeitos adversos no consumo de ração. Em dietas de frango de corte em crescimento e terminação contendo canola em forma peletizada, grão inteiro e moído, Barekatain et al. (2015) demonstram que o consumo de ração diminuiu e o peso ganho de peso também foi afetado negativamente. Os autores ainda comentam que a moagem prévia de CG não beneficiou o desempenho das aves ou a utilização de nutrientes em comparação com CG inteiro.

Outros trabalhos já apontaram para o fato de que o aumento dos níveis de energia e gordura da dieta reduz o consumo de ração e aumenta a produção de ovos (SELL et al., 1987; WU et al., 2005a, 2005b); PÉREZ-BONILLA et al., 2012), além disso, a fibra alimentar reduz consumo de ração (MATEOS et al., 2012).

Outro aspecto relacionado a queda do consumo de ração de acordo com Tripathi; Mishra (2007), é que a canola contém a enzima mirosinase, que catalisa a decomposição do glucosinolato em outros metabólitos, incluindo isotiocianatos, que são compostos amargos, assim uma alternativa seria um processamento por calor para a desnaturação enzimática. Summers et al. (1982) concluíram que em frangos alimentados com grão de canola, menor consumo está atrelado à palatabilidade da dieta.

Neste estudo, a inclusão de 30 e 40% de CGM, deprimiu em 9 e 13 g ave dia⁻¹ o consumo de ração, respectivamente. Isso sugere que a CG pode ter seu uso limitado por apresentar alto valor energético e determinados componentes químicos.

Dentre as variáveis de desempenho (Tabela 5) a taxa de postura e a massa de ovos não apresentaram efeito, apenas a conversão alimentar por massa de ovos com 40% de CGM na dieta diferiu do controle ($P<0,05$).

Segundo Zhu et al. (2019) galinhas poedeiras recebendo farelo de canola inferior a 20% mantiveram a produção de ovos, comparando-se a aves alimentadas com farelo de soja, bem como farelo e torta de canola em 20% de inclusão na dieta não alterou a produtividade (ORYSCHAK et al., 2020), até então a inclusão máxima recomendada de farelo de canola nas dietas comerciais de aves era restrita a 10% (NEWKIRK, 2009; CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2015).

Tabela 5 - Desempenho médio de galinhas poedeiras em função dos níveis de inclusão de CGM

	Tratamentos (%)					CV	EPM
	0	10	20	30	40		
TXP (%)	91,56	92,11	91,68	90,68	88,42	2,28	0,51
MO	62,36	61,31	60,87	58,78	58,69	3,02	0,30
CAMO	1,86	1,84	1,85	1,82	1,75*	2,90	0,01

TXP: taxa de postura; MO: massa de ovos; CAMO: conversão alimentar por massa de ovos; EPM: Erro padrão da média; CV: coeficiente de variação; *Diferem estatisticamente do controle pelo teste Dunnett, a 5% de probabilidade. Fonte: elaborado pela autora, 2021.

Esses resultados se assemelham aos relatados por Savary et al. (2017) em que as dietas contendo 20% de farelo de canola não afetaram a produção de ovos e a conversão alimentar, entretanto, Zhu et al. (2018) observaram redução de forma linear para taxa de postura e massa de ovos de aves ingerindo níveis crescentes de FC em até 30% ao longo de 12 semanas de avaliação.

O consumo dietético de CGM induziu redução na conversão alimentar, corroborando o fato de que o consumo de ração diminuiu com o aumento da concentração energética da dieta e a massa de ovos se manteve. Barzegar et al. (2020) encontrou resultados onde, o consumo de ração diminui e a massa de ovos aumentou como efeito do aumento de energia, devido ao maior nível de óleo na formulação, melhorando assim a conversão alimentar. Achados de Najib; Al-Khateeb (2004) e Mikulski (2012) mostram que o consumo dietético de farelo de canola elevou a taxa de conversão alimentar.

Farrell (1975) confirmou que independentemente do estado do balanço energético, as galinhas poedeiras priorizam a retenção da energia da dieta para atender às demandas de síntese proteica para a produção de ovos ou manutenção corporal.

Os efeitos dos níveis de inclusão de canola grão moído na qualidade interna e externa dos ovos são apresentados na Tabela 6.

Em comparação com o grupo controle, a adição de CGM não afetou Unidade Haugh, índice de gema, % dos componentes casca, gema e albúmen, peso e espessura da casca em todo o período experimental ($P>0,05$). Isso sugere que 40% de inclusão de CGM na dieta não acarreta problemas a estas variáveis importantes para o mercado de ovos. No entanto, a qualidade interna do ovo pode ser afetada pelo armazenamento, linhagem da galinha, idade e nutrição (ROBERTS, 2004).

Tabela 6 - Qualidade de ovos de galinhas poedeiras em função dos níveis de inclusão de CGM

	Tratamentos (%)					<i>P</i>	CV	EPM
	0	10	20	30	40			
UH	101,51	101,75	101,14	101,66	101,70	0,93	1,54	0,23
IG	48,64	48,41	48,50	48,86	48,58	0,91	2,00	0,14
PO (g)	63,96	61,88	60,87	60,82	59,75	0,001	2,60	0,33
% Casca	8,85	8,98	9,00	8,59	8,82	0,11	3,74	0,05
% Gema	26,74	27,71	27,24	26,83	26,84	0,14	3,11	0,14
% Albúmen	64,40	63,30	63,75	64,58	64,34	0,07	1,51	0,16
PCSA	7,57	7,61	7,58	7,23	7,39	0,06	3,45	0,04
ESPC (mm)	0,388	0,388	0,390	0,373	0,380	0,08	3,06	0,002
L	56,01	54,24	54,97	54,58	54,44	0,30	3,23	0,28
a	-1,87	-1,44	-0,91	-0,98	-0,89	0,02	-54,07	0,11
b	44,13	44,83	46,82	46,96	46,82	0,001	3,50	0,30

Equação de regressão

PO (g): 63,35 – 0,095x

EPM: Erro padrão da média; CV: coeficiente de variação; UH: Unidade Haugh; IG: índice de gema; PO: peso de ovo; PCSA: peso de casca por superfície de área; ESPC: espessura de casca;

Fonte: elaborado pela autora, 2021.

Entretanto, Greenhalgh et al. (2017) observaram que galinhas poedeiras com menor conversão alimentar apresentaram gemas mais pesadas e as aves com melhor CAMO tiveram maior peso de albúmen, altura de albúmen e UH. Esses autores afirmam que as taxas metabólicas e a utilização de nutrientes são diferentes entre as aves com alta e baixa conversão alimentar, no qual queda na conversão alimentar as aves armazenam a maior parte dos lipídeos da dieta na forma de colesterol, resultando em gemas mais pesadas e alterando a relação gema: albúmen. Conforme Roberts, (2007) o consumo médio de ração e a digestibilidade aparente do nitrogênio podem ser a razão para a diminuição da altura do albúmen.

Na alimentação de aves com canola metabólitos de glucosinolatos podem afetar a secreção de estrogênio, que pode ativar a expressão do gene da ovalbumina ao se ligar ao receptor de estrogênio (GAUB et al., 1990; MAWSON et al., 1994), consequentemente ocorre a inibição da síntese de ovalbumina e promove a diminuição de altura de albúmen e UH.

No trabalho desenvolvido por Zhu et al. (2018) as inclusões dietéticas de farelo de canola em 294 g kg⁻¹ não tiveram influência na espessura da casca do ovo em todos os períodos avaliados, mas 117g kg⁻¹ aumentou a resistência da casca. Especulasse que melhora na qualidade da casca do ovo em galinhas alimentadas com canola pode ser induzida por maior absorção de Mg (KIM et al., 2013) e demais

elementos essenciais presentes no alimento. Tal fato não foi observado no presente estudo.

Dentre os parâmetros de colorimetria (L , a , b), a luminosidade (L) não apresentou diferença significativa, diferente de cromaticidade (a) e (b). A cor da gema é determinada principalmente pela xantofila, pigmentos responsáveis pela coloração gema, conhecidos como nutrientes lipossolúveis. Maior inclusão de gordura proporciona uma situação melhor para a absorção desses pigmentos em galinhas (LAZARO et al., 2003; PIRGOZLIEV et al., 2010), a pigmentação da gema pode variar de amarelo levemente claro a laranja escuro, de acordo com a alimentação e características individuais da ave.

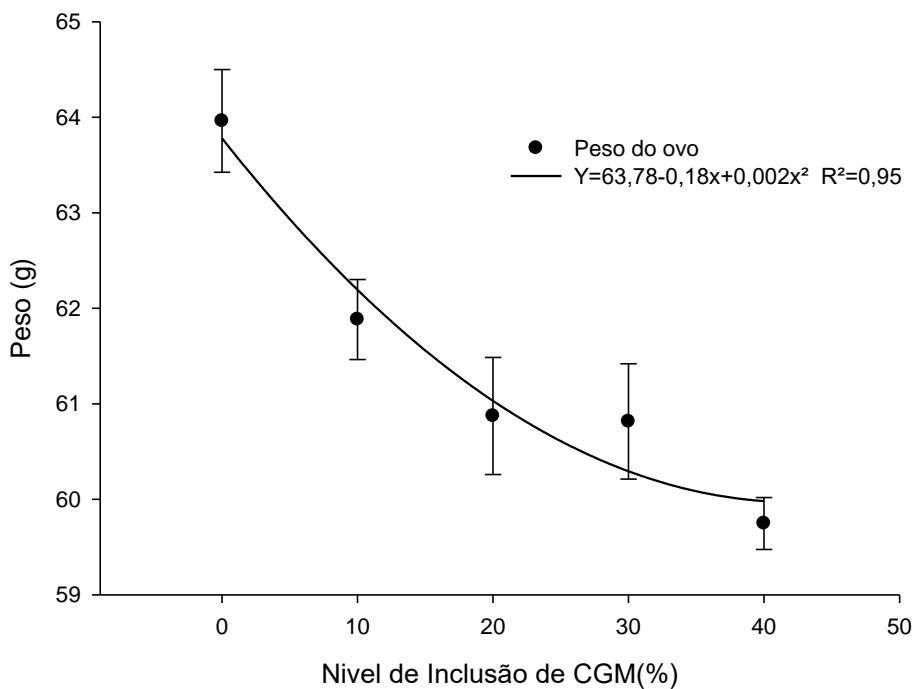
Similarmente aos resultados obtidos, Oryschak et al. (2020) ao incluírem 20% de torta e farelo de canola na dieta das poedeiras não verificaram alterações nos parâmetros de qualidade dos ovos. Savary et al. (2017) também constataram que a alimentação com até 20% de farelo de canola teve pouco efeito na qualidade dos ovos em comparação com o farelo de soja foi a principal fonte de proteína. Demais autores Leeson et al. (1978); Summers et al. (1988) e Najib; Al Khateeb (2004) constataram que mais de 100 g kg⁻¹ de farelo de canola provoca a diminuição do peso do ovo.

O consumo reduzido de ração, o valor de EMA e digestibilidade dos nutrientes pode ser a razão para a redução da produção de ovos e do peso dos ovos. Por outro lado, fornecendo dietas mais ricas em gorduras é possível aumentar o tamanho dos ovos em galinhas poedeiras (GROBAS et al., 1999; BARZEGAR, 2020), está relacionado com ácidos graxos saturados e insaturados.

O peso dos ovos, influenciado de modo quadrático ao longo do período avaliado (Figura 3), tendeu à redução com o aumento dos níveis de CGM das dietas. A alimentação das aves com 40% de CGM resultou em um decréscimo de ~4 g no peso dos ovos quando comparado com a dieta controle ($P<0,05$).

Os ovos de todos os tratamentos, exceto 40% de CGM ultrapassaram 60 g e pelo perfil de classificação comercial dos ovos (BRASIL, 1965) estão na classe de peso de ovos extra ($60>\text{ovo}\leq65\text{g}$), sendo que a qualidade interna do ovo e da casca são de grande importância para a indústria de ovos em todo o mundo (ROBERTS, 2007; ZHU, 2019).

Figura 3-Peso dos ovos de galinhas poedeiras alimentadas com CGM



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Os dados obtidos para os parâmetros bioquímicos sanguíneos, não foi observado efeito significativo sobre PST, ALT, AST, albumina, globulinas, glicose, cálcio e fósforo (Tabela 7).

Resultados divergentes foram encontrados por Ahmed et al. (2013) onde relataram que óleo de canola aumenta a atividade das enzimas ALT e AST no soro das aves alimentadas com dieta hipercalórica. Níveis aumentados de ALT e AST são indicativos da perda da função da membrana das células hepáticas (DORTMAN; LAWHAN, 1978).

Em trabalho de Reda et al. (2020), codornas recebendo dietas suplementadas com óleo de linhaça apresentaram maiores valores de albumina, enquanto os grupos com óleo de oliva ou girassol tiveram valores reduzidos. A albumina atua como uma fonte móvel de aminoácidos em emergência nutricional e seu nível no plasma está positivamente correlacionado com o teor de água do corpo, proteínas e nitrogênio e está negativamente relacionado com o teor de gordura (GHEBREMESKEL et al, 1989).

Tabela 7 - Parâmetros séricos de galinhas poedeiras em função dos níveis de CGM

	Tratamentos (%)					CV	P
	0	10	20	30	40		
Ácido Úrico (mg dL ⁻¹)	2,63	2,35	2,21	2,33	2,51	9,59	0,01
PST (g dL ⁻¹)	4,29	4,30	4,24	4,17	4,40	8,96	0,80
ALT (U L ⁻¹)	7,51	7,00	7,00	6,87	7,12	28,90	0,97
AST (U L ⁻¹)	112,62	107,87	109,43	112,56	111,44	7,44	0,73
Albumina (g dL ⁻¹)	1,81	1,76	1,78	1,73	1,81	8,47	0,78
Globulinas (g dL ⁻¹)	2,47	2,46	2,43	2,43	2,58	13,35	0,88
Glicose (mg dL ⁻¹)	202,87	201,44	202,44	197,93	201,50	5,38	0,91
Colesterol (mg dL ⁻¹)	82,56	70,75	64,43	71,68	77,56	16,36	0,04
Triglicerídeos (mg dL ⁻¹)	998,18	785,25	676,87	759,75	803,56	21,34	0,01
Cálcio (mg dL ⁻¹)	17,21	15,76	15,57	15,94	16,17	9,40	0,24
Fósforo (mg dL ⁻¹)	4,02	3,93	3,74	3,78	4,09	14,35	0,69

Equações de regressão

Ácido Úrico (mg dL⁻¹): $2,63 - 0,036x + 0,0008x^2$

Colesterol (mg dL⁻¹): $82,2 - 1,49x + 0,03x^2$

Triglicerídeos (mg dL⁻¹): $988,3 - 24,2x + 0,50x^2$

PST: proteínas séricas totais; ALT: Alanina Amino Transferase; AST: aspartato amino transferase;

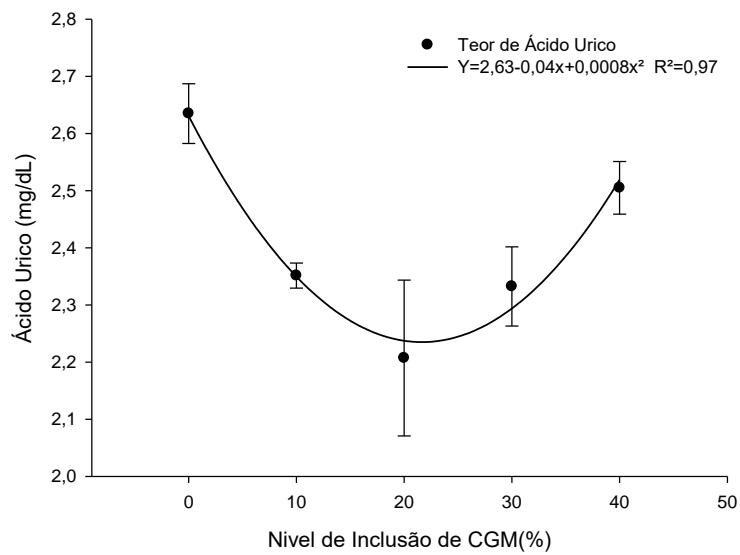
CV: coeficiente de variação; Fonte: elaborado pela autora, 2021.

A concentração de proteína sérica total dá uma indicação da adequação da proteína na dieta e a eficiência com a qual está sendo utilizada (EL-GHAMMRY et al., 2002). Observações de Disetlhe et al. (2018) sugerem que a inclusão de farelo de canola nas dietas não impediu a digestão ou utilização de proteínas em frangos de corte, de acordo com Sanz et al. (2000), a utilização da fonte de lipídios insaturados aumenta a proteína e reduz a gordura. Entretanto, demais autores apontam que os parâmetros bioquímicos sanguíneos podem se expressar de maneira independente da dieta (DEKA; BORAH, 2008; UKASHATU et al., 2014).

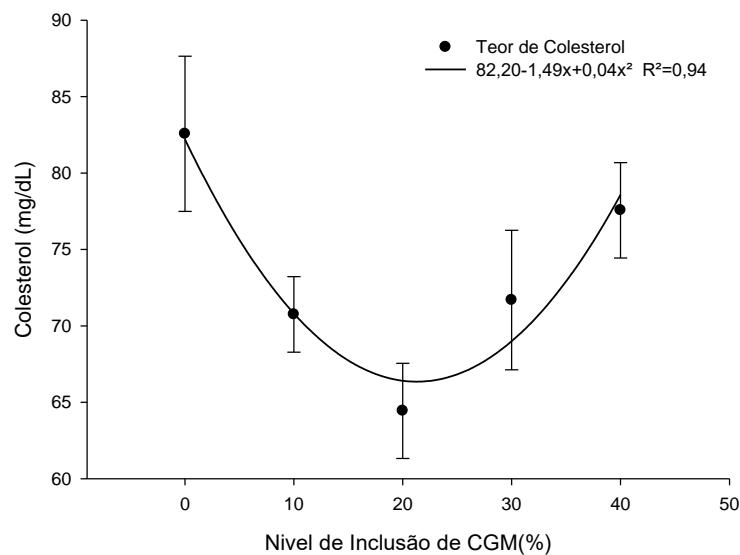
Para garantir a interpretação mais adequada para as variáveis dependentes por meio de análise de regressão quadrática, os gráficos de Scatter plot foram aplicados como alternativa da derivação das equações de regressão para ácido úrico (Figura 4a), colesterol (Figura 4b) e triglicerídeos (Figura 4c) com valores de 22,5; 24,8 e 24,2% de CGM, respectivamente.

Figura 4- Ácido úrico (a), colesterol (b) e triglicerídeos (c) sanguíneos de galinhas poedeiras alimentadas com CGM

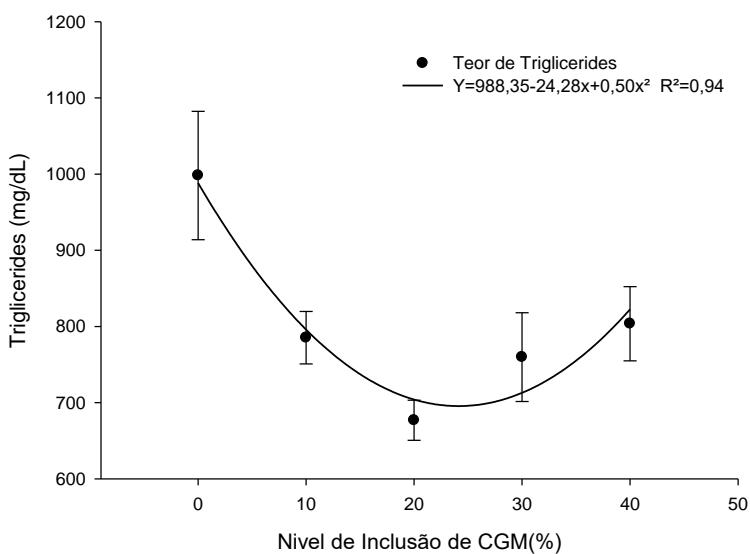
a)



b)



c)



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Fontes energéticas alternativas tendem a diminuir o colesterol e os níveis de triglicerídeos em comparação com o óleo de soja (REDA et al. 2020), os níveis séricos de triglicerídeos foi menor em aves que receberam rações contendo óleos de outras fontes (GÜÇLÜ et al. 2008). Reduções expressivas dos níveis de triglicerídeos foram constatadas em dietas com óleo de canola em indivíduos quando comparados com uma dieta base de alto teor de ácidos graxos saturados (GILLINGHAM et al., 2012), reiterando a capacidade do óleo de canola em suprimir colesterol total e colesterol LDL (Lin et al, 2013).

Os triglicerídeos são secretados do fígado para o sangue por lipoproteínas, portanto, a lipogênese hepática prejudicada resulta em concentrações plasmáticas reduzidas de triglicerídeos (ZHOU et al., 2009; MAHGOUB et al., 2019), evidenciando que determinados alimentos ricos em óleos podem apresentar um efeito inibitório sobre a lipogênese ou repartição dos lipídios no organismo.

Conforme Aydin et al. (2006) o aumento da proporção da dieta de ácidos graxos poliinsaturados para ácidos graxos saturados diminuiu o conteúdo de colesterol no plasma sanguíneo. Além disso, Pappas et al. (2005) relatam efeitos positivos da ingestão de ácidos graxos monoinsaturados com diminuição dos triglicerídeos no sangue, visto que a canola apresenta quantidades satisfatórias de ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs), como o ácido α -linolênico (18: 3 ω 3; 10%) e seus derivados ácido eicosapentaenóico (EPA, C20: 5 ω 3) e ácido docosapentaenoico

(DHA, C22: 6ω3) (FOULADI et al., 2012). O óleo presente no grão da canola pode ter ação na regulação dos perfis lipídicos do sangue relacionado ao teor de gordura insaturada (IBRAHIM et al. 2020), compreendendo 61% de ácido oleico, 21% de ácido linoleico e 11% de ácido α-linolênico (LIN et al., 2013).

Os resultados obtidos nesse estudo corroboram com os encontrados por Schuman et al. (2000), no qual galinhas poedeiras alimentadas com semente de linhaça reduziu o teor de lipídios, como observado os níveis estimados de até no máximo 25% de GCM está reduzindo as concentrações de colesterol e triglicerídeos séricos. Em codornas japonesas, os níveis de triglicerídeos séricos apresentaram diminuição significativa nos grupos suplementados com semente de canola de até 15% nas dietas poedeiras em comparação com as aves que não receberam canola (IBRAHIM et., 2020), destacando que a adição de canola na dieta não causa nenhum efeito prejudicial à saúde das aves.

Na análise de Tbars não foram observados efeitos ($P>0,05$) da inclusão de CGM na dieta das aves (Tabela 8).

Tabela 8 - Peroxidação lipídica de gema, proteína total de albúmen e acúmulo de gordura abdominal de galinhas poedeiras em função dos níveis de inclusão de CGM

	Tratamentos (%)					CV	<i>P</i>	EPM
	0	10	20	30	40			
TBARS (mg TMP Kg⁻¹)								
1 dia	1,92	1,86	1,92	1,98	2,20	17,74	0,57	0,06
30 dias	1,81	1,75	1,69	1,59	1,70	12,65	0,52	0,03
PT (%)	11,13	11,69	11,41	11,46	11,05	7,81	0,67	0,15
GA (g)	83,63	83,69	84,32	84,38	86,42	11,98	0,98	1,61

TBARS: substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico; PT: proteína total; GA: gordura abdominal; CV: coeficiente de variação; EPM: Erro padrão da média; Fonte: elaborado pela autora, 2021.

Os lipídios em sua maioria estão presentes no ovo na forma de lipoproteínas de gema, com associação das proteínas. O perfil lipídico da gema de ovo é influenciado pela genética, tamanho do ovo, composição de alimentos e tipo de gordura adicionada à alimentação (BARRETO et al., 2006; CHERIAN, 2008). A suplementação da dieta com fontes ricas em PUFAs, como a canola, promove enriquecimento destes ácidos graxos na gema dos ovos e as aves respondem às mudanças no perfil dietético de ácidos graxos (CRUICKSHANK, 1934; LEESON; SUMMERS, 2005; GROBAS; MATEOS, 1996). Na nutrição de poedeiras, a canola pode ser usada para potencializar a qualidade nutricional (PITA et al., 2010;

FAITARONE et al., 2013) dos ovos com extrema importância na saúde humana (AJUYAH et al., 1991; JIA et al., 2008).

Conforme aumenta o teor de ácidos graxos insaturados em produtos alimentícios, eleva-se o potencial oxidativo dos mesmos, afetando a qualidade dos alimentos, como aroma, sabor e valor nutricional. O uso de óleo menos saturado, como a canola, aumenta o teor de PUFA na gema (SCHRAUZER, 2000), provocando maiores concentrações de malonaldeído (maior oxidação), pois os ácidos graxos poliinsaturados são os compostos mais suscetíveis à oxidação lipídica (CHERIAN et al., 2008).

Avaliando a oxidação de gema de ovos, Faitarone et al. (2016) confirma que os ovos enriquecidos com ácidos graxos poliinsaturados na dieta de aves suplementadas com óleos de soja, canola e linhaça, apresentaram maior grau de oxidação lipídica, podendo ser explicado pelo maior grau de insaturação do ácido linolênico ($\omega 3$) da gema.

Não foi constatado efeito para valor de proteína total do albúmen ($P>0,05$) para a inclusão de CGM na dieta das poedeiras (Tabela 9). O albúmen é composto por 9,7-10,6% de proteína (POWRIE, 1973), mas conforme Vadehra; Nath, (1973); Mine (1995) pode chegar a 12%, constituída por inúmeras proteínas globulares em solução aquosa.

As proteínas do albúmen do ovo são sintetizadas principalmente pelas células das glândulas tubulares que são distribuídas ao longo da parede do oviduto, especificamente no magno. A biossíntese das proteínas do albumen do ovo inicia em resposta à estimulação hormonal (SCHUTZ ET AL., 1978; BURLEY E VADEHRA, 1989). Dessa forma, o fator antinutricional glucosinolato, não influenciou a função hormonal, como reportado por Opalka et al. (2001) e Maroufyan; Kermanshahi, (2006).

A taxa de deposição de gordura abdominal retida na carcaça não sofreu interferência ($P>0,05$) da inclusão de CGM na alimentação das aves (Tabela 9), onde acúmulo de gordura corporal em excesso, interfere negativamente na postura, diminuindo a produção de ovos, pelo fato de que dietas que contêm um maior nível de EM favorecem a deposição de gordura no ovário, se mostrando um indicativo de excesso de energia na dieta.

Em estudo com avestruzes consumindo 50% da dieta de canola grão integral, Niemann et al. (2018) descreveram acúmulo de gordura abdominal. Crespo; Esteve-Garcia (2011) alimentaram frangos com dietas suplementadas com óleo de linhaça e

obtiveram uma redução significativa no percentual de gordura abdominal. Logo, a canola que apresenta ácidos graxos poliinsaturados na sua composição pode ser usada para reduzir a deposição de gordura na região do abdômen das aves através da elevação da β -oxidação dos ácidos graxos (Fouad; El-Senousey, 2014).

Para galinhas poedeiras, a inclusão de canola grão moído nos programas de alimentação, devem não causar prejuízos as características de desempenho e qualidade de ovos, permitindo que as aves expressem a máxima função produtiva.

7.3 CONCLUSÕES

Este estudo estimou os valores de energia metabolizável (EM) e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) da canola grão moída (CGM) para galinhas poedeiras, que foram de 4229 de EM e 4167 Kcal kg⁻¹ de EMAn. Os níveis de substituição entre 20 e 40% em relação à dieta referência não altera os valores energéticos da CGM.

Avaliando as características de desempenho com a inclusão de canola grão moido na dieta de poedeiras, o nível de até 30% manteve o desempenho produtivo e não modificou a qualidade dos ovos.

REFERÊNCIAS

- ADEOLA, O.; ILELEJI, K. E. Comparison of two diet types in the determination of metabolizable energy content of corn distillers dried grains with solubles for broiler chickens by the regression method. *Poultry Science*, v.88, p.579–585, 2009.
- AHMED, A. S., EL-BAHR, S.M.; AL-AZRAQI, A. A. Effect of canola and olive oils on productive, immunological and some biochemical parameters of broiler chickens fed iso caloric and high caloric diets. **Internacional Journal Poultry Science**, v. 12, p. 726-734, 2013.
- AJUYAH, A. O.; LEE, K. H.; HARDIN, R. T. et al. Changes in the yield and in the fatty acid composition of whole carcass and selected meat portions of broiler chickens fed full-fat oil seeds. **Poultry Science**, v. 70, p. 2304-2314, 1991.
- ASSADI, E.; JANMOHAMMADI, H.; TAGHIZADEH, A.; ALIJANI, S. 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.
- AYDIN, R., M. KARAMAN, M.; TORAK, H. H. C.; OZUGUR, A. K.; AYDIN, D.; CIECK, T. The effect of long-term feeding of conjugated linoleic acid on fertility of Japanese quail. **South African Journal Animal Science**, v. 36, p. 99-104, 2006.
- 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, p. 2154-2160, 1991.
- BAREKATAIN, M. R.; WU, S.B.; M. TOGHYANI, SWICK, R. A. 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.
- BARRETO, S.C.S.; ZAPATA, J.F.F.; FREITAS, E.R. et al. Ácidos graxos da gema e composição do ovo de poedeiras alimentadas com rações com farelo de coco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.12, p.1767-1773, 2006.
- BARZEGAR, S.; WU, S.; CHOCT, M.; ROBERT, A. S. Implementation of net energy evaluating system in laying hens: Validation by performance and egg quality. **Poultry Science**, v. 99, p. 2624-2632, 2020.
- BOURDILLON, A., B. CARRÉ, B.; CONAN, L.; FRANCESCH, M.; FUENTES, M.; HUYGHEBAERT, G.; JANSSEN, W.; LECLERCQ, B.; LESSIRE, M., MCNAB, J. European reference method of in vivo determination of metabolisable energy in poultry: reproducibility, effect of age, comparison with predicted values. **British Poultry Science**, v. 31, p. 567-576, 1990.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248, 1976.

BRAND, T.S.; DE BRABANDER, L.; VAN SCHALKWYK, S.J.; PFISTER, B.; HAYS, J.P. The true metabolizable energy content of canola oilcake meal and full-fat canola seed for ostriches (*Struthio camelus*). **British Poultry Science**, v. 41, p. 201-203, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 56.585, de 20 de julho de 1965. **Aprova as novas especificações para a classificação e fiscalização do ovo**. Brasília, DF, 1965.

BREYTENBACH, L. The influence of processing of lupins and canola on apparent metabolizable energy and broiler performance. **Thesis** (Animal Sciences), University of Stellenbosch, 2005.

BURLEY, R.W.; VADEHRA, D. V. **The albumen: biosynthesis**. In: *The Avian Egg Chemistry and Biology.*, New York: John Wiley and Sons, p. 129-145, 1989.

CANOLA COUNCIL OF CANADA. **Annual Report 2015**. Canada: Winnipeg, 2015.

CHERIAN, G. Omega-3 fatty acids: Studies in avians. In: De Meester, F.; Watson, R. R. **Wild-Type Food in Health Promotion and Disease Prevention**. Totowa: The Columbus Concept, ed. Humana Press, p. 169–178, 2008.

COZANNET, P.; LESSIRE, M.; GADY, C.; METAYER, J.; PRIMOT, Y.; SKIBA, F.; NOBLET, J. Energy value of wheat dried distillers grains with solubles in roosters, broilers, layers, and turkeys. **Poultry Science**, v. 89, p. 2230-2241, 2010.

CRESPO, N.; ESTEVE-GARCIA, E. Dietary fatty acid profile modifies abdominal fat deposition in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 80, p. 71-78, 2001.

CRUICKSHANK, E. M. Studies in fat metabolism in the fowl. **Biochemical Journal**, v. 28, p. 965-977, 1934.

DEKA, K.; BORAH, J. Haematological and Biochemical Changes in Japanese Quails *Coturnix coturnix Japonica* and Chickens Due to *Ascaridia galli* Infection. **International Journal of Poultry Science**, v. 7, p. 704-710, 2008.

DISETLHE, A. R. P.; MARUME, U.; MLAMBO, V. Humic acid and enzymes inclusion in canola-based diets generate different responses in growth performance, protein utilization dynamics, and hemato-biochemical parameters in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 97, p. 2745-2753, 2018.

DROTMAN, R.; LAWHAN, G. Serum enzymes are indications of chemical induced liver damage. **Drug and Chemical Toxicology**, v. 1, p. 163-171, 1978.

EL-GHAMMRY, A. A.; EL-MALLAH, G. M.; EL-YAMNY, A. T. The effect of incorporation yeast culture, Nigella sativa seeds and fresh garlic in broiler diets on their performance. **Egyptian Poultry Science**, v. 22, p. 445-459, 2002.

FAITARONE, A. B. G.; GARCIA, E. A.; ROÇA, R. et al. Cholesterol levels and nutritional composition of commercial layers eggs fed diets with different vegetable oils. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 15, p. 31-38, 2013.

FAITARONE, A. B. G.; GARCIA, E. A.; ROÇA, R. et al. Yolk Color and Lipid Oxidation of the Eggs of Commercial White Layers Fed Diets Supplemented with Vegetable Oils. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 18, p. 9-16, 2016.

FARRELL, D. A comparison of the energy metabolism of two breeds of hens and their gross using respiration calorimetry. **British Poultry Science**, v. 16, p. 103-113, 1975.

FOUAD, A.M.; EL-SENOUSEY, H. K. Nutritional Factors Affecting Abdominal Fat Deposition in Poultry: A Review. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 27, p. 1057-1068, 2014.

FOULADI, P.; NOBAR, R. S. D.; MAHERI SIS, N. et al. Effect of choline chloride supplement and canola oil on the Japanese quail livers and bloods cholesterol and triglyceride contents. **Annals of Biological Research**, v. 3, p. 437-444, 2012.

FREITAS, E.R.; SAKOMURA, N.V.; NEME, R. Determinação da digestibilidade dos nutrientes e da energia metabolizável da semente e do farelo de girassol para frangos de corte. In. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. p.1-4.

GAUB, M.P., BELLARD, M., SCHEUER, I., CHAMBON, P., SASSONE-CORSI, P. Activation of the ovalbumin gene by the estrogen receptor involves the fos-jun complex. **Cell** v. 63, p.1267-1276, 1990.

GIAMPIETRO, A.; SCATOLINI, A.; BOIAGO, M.; SOUZA, P.; PIZZOLANTE, C. Estudo da metodologia de tbars em ovos. **Revista Avisite**, n. 13, p. 1-2, 2008.

GILLINGHAM, L.G.; ROBINSON, K.S.; JONES, P.J.H. Effect of high-oleic canola and flaxseed oils on energy expenditure and body composition in hypercholesterolemic subjects. **Metabolism**, v. 61, p. 1598-1605, 2012.

GREENHALGH, S.; AKTER, Y.; NOLAN. B.; O'SHEA, C. Investigation of variation in feed efficiency and egg quality in laying hens. **Proceedings of Australian Poultry Science Symposium**, v. 28, p. 97–100, 2017.

GROBAS, S.; MATEOS, G. G. Influencia de la nutrición sobre la composición nutricional del huevo. In: **Avances em nutrición y alimentación animal**. Madrid: FEDNA, p. 219- 244, 1996.

GROBAS, S., MENDEZ, J.; DE BLAS, C.; MATEOS, G. Influence of dietary energy,

supplemental fat and linoleic acid concentration on performance of laying hens at two ages. **British Poultry Science**, v. 40, p. 681-687, 1999.

GÜÇLÜ, B. K.; UYANIK, F.; İŞCAN, K. M. Effects of dietary oil sources on egg quality, fatty acid composition of eggs and blood lipids in laying quail. **South African Journal Animal Science**, v. 38, p. 91-100, 2008.

HAMILTON, R. M. G. Methods e factors that affect the measurement of eggshell quality. **Poultry Science**, v. 61, p. 2022-2039, 1982.

HILL, F.N.; ANDERSON, D. L. Comparison of Metabolizable Energy and Productive Energy Determinations with Determinations with Growing Chicks. **Journal of Nutrition**, v. 64, p. 587-603, 1958.

IBRAHIM, N.S.; SABIC, E.M.; ABU-TALEB, A.M.; ABDEL-MONEIM, A. E. Effect of Dietary Supplementation of Full-Fat Canola Seeds on Productive Performance, Blood Metabolite nd Antioxidant Status of Laying Japanese Quails. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 22, p. 001-010, 2020.

JIA, W.; SLOMINSKI, B. A.; GUENTER, 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, p. 2005-2014, 2008.

KIM, C.H.; PAIK, I.K.; KIL, D.Y. Effects of increasing supplementation of magnesium in diets on productive performance and eggshell quality of aged laying hens. **Biological Trace Element Research**, v. 151, p. 38-42, 2013.

KUNRATH, M. A.; KESSLER, A. M.; RIBEIRO, A. M. L.; VIEIRA, M.M.; SILVA, G. L.; PEIXOTO, F. A. Metodologias de avaliação do valor nutricional do farelo de arroz desengordurado para suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.1172-1179, 2010.

LAZARO, R.; GARCÍA, M.; ARANIBAR, M. J.; MATEOS, G.G. Effect of enzyme addition to wheat-, barley- and rye-based diets on nutrient digestibility and performance of laying hens. **British Poultry Science**, v. 44, p. 256-265, 2003.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Commercial Poultry Nutrition**. 3. ed., Guelph: University Books, 2005.

LEESON, S.; SUMMERS, J.; SLINGER, S. Utilization of whole Tower rapeseed by laying hens and broiler chickens. **Canadian Journal Animal Science**, v. 58, p. 55-61, 1978.

LIN, L.; ALLEMEEKINDERS, H.; DANSBY, A.; CAMPBELL, L.; DURANCE-TOD, S.; BERGER, A.; JONES, P. J. H. Evidence of health benefits of canola oil. **Nutrition Reviews**, v. 71, p. 370-385, 2013.

LOPEZ, G.; LEESON, S. Assessment of the nitrogen correction factor in evaluating metabolizable energy of corn and soybean meal in diets for broilers. **Poultry Science** v. 87, p. 298-306, 2008.

MAHGOUB, S.A.M.; ABD EL-HACK, M.E., SAADELDIN, I.M.; HUSSEIN, M.A.; SWELUM, A.A.; ALAGAWANY. M. Impact of Rosmarinus officinalis cold-pressed oil on health, growth performance, intestinal bacterial populations, and immunocompetence of Japanese quail. **Poultry Science**, v. 98:2139-2149, 2019.

MAROUFYAN, E.; KERMANSHAHI, H. Effect of different levels of rapeseed meal supplemented with calcium iodate on performance, some carcass traits, and thyroid hormones of broiler chickens. **International Journal Poultry Science**, v. 5, p. 1073-1078, 2006.

MATEOS, G. G.; JIMÉNEZ-MORENO, E.; M. P. SERRANO, M.P.; LÁZARO, R. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. **Journal Applied Poultry Research**, v. 21, p.156-174, 2012.

MAWSON, R.; HEANEY, R.; ZDUNCZYK, Z.; KOZLOWSKA, H. Rapeseed meal-glucosinolates and their antinutritional effects Part 5. **Animal reproduction**, v. 38, p. 588-598, 1994.

MENG, X.; SLOMINSKI, B.A.; CAMPBELL, L. D. et al. The use of enzyme technology for improved energy utilization from full- fat oilseeds. Part I: canola seed. **Poultry Science**, v. 85, p. 1025-1030, 2006.

MIKULSKI, D.; JANKOWSKI, J.; ZDUNCZYK, Z.; JUSKIEWICZ, J.; SLOMINSKI, B.A. The effect of dietary levels of rapeseed meal on growth performance, carcass traits, and meat quality in turkeys. **Poultry Science**, v. 91, p. 215-223, 2012.

MINE, Y. Recent advances in the understanding of egg white protein functionally. **Trends in Food Science and Technology**, v.6, p.225- 231, 1995.

MONTOYA, C. A.; LETERME, P. Validation of the net energy content of canola meal and full-fat canola seeds in growing pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 90, p. 213-219, 2010.

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, p. 490-496, 2004.

NEWKIRK, R. **Canola Meal Feed Industry Guide**. 4. Ed. Canola Council of Canada, 2009.

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, p. 779-799, 2018.

NOBLET, J., FORTUNE, H.; DUPIRE, C.; DUBOIS, S. Digestible, metabolizable and net energy values of 13 feedstuffs for growing pigs: effect of energy system. *Animal Feed Science and Technology*, v. 42, p. 131-149, 1993.

OPALKA, M.; DUSZA, L.; KOZIOROWSKI, M.; STASZKIEWICZ, J.; LIPIŃSKI, K.; TYWOŃCZUK, J. Effect of long-term feeding with graded levels of low glucosinolate rapeseed meal on endocrine status of gilts and their piglets. **Livestock Production Science**, v. 69, p. 233-243, 2001.

ORYSCHAK, M. A.; SMIT, M.N.; BELTRANENA, E. Brassica napus and Brassica juncea extruded-expelled cake and solvent-extracted meal as feedstuffs for laying hens: Lay performance, egg quality, and nutrient digestibility. **Poultry Science**, v. 99, p. 350-363, 2020.

PAPPAS, A. C.; CAMOVIC, T.A.; SPARKS, N.H.C.; SURAI, P.F.; MCDEVITT, R.M. Effects of supplementing broiler breeder diets with organic selenium and polyunsaturated fatty acids on egg quality during storage. **Poultry Science**, v. 84, p. 865-874, 2005.

PÉREZ-BONILLA, A.; NOVOA, S.; GARCÍA, J., MOHITI-ASLI, M.; FRIKHA, M., MATEOS, G. G. Effects of energy concentration of the diet on productive performance and egg quality of brown egg-laying hens differing in initial body weight. **Poultry Science**, v. 91, p. 3156-3166, 2012.

PIRGOLIEV, V., M. BEDFORD, M.; ACAMOVIC, T. Effect of dietary xylanase on energy, amino acid and mineral metabolism, and egg production and quality in laying hens. **British Poultry Science**, v. 51, p. 639-647, 2010.

PITA, M. C. G.; CARVALHO, P. R.; PIBER NETO, E.; et al. Effect of marine vegetal sources on the hen diets on the PUFAs and PUFAs n-3 in laying hens egg yolk and plasm. **International Journal of Poultry Science**, v. 9, p. 148-151, 2010.

POWRIE, W. **Chemistry of eggs and egg products**. In: Egg Science and Technology, ed. W. Stadelman, W.; Cotterill, O. Connecticut: AVI Publishing, p. 61.-90, 1973.

REDA, F. M.; EL-KHOLY, M. S.; ABD EL-HACK, M. E.; TAHA, A.E.; OTHMAN, S.I.; ALLAM A. A.; ALAGAWANY, M. Does the use of different oil sources in quail diets impact their productive and reproductive performance, egg quality and blood constituents?. **Poultry Science**, v. 99, p. 3511-3518, 2020.

ROBERTS, J.R. Factors affecting egg internal quality and eggshell quality in laying hens. **Poultry Science**, v. 41, p. 161-177, 2004.

ROBERTS, S. A., XIN, H.; KERR, B. J.; RUSSELL, J.R.; BREGENDAHL, K. Effects of dietary fiber and reduced crude protein on nitrogen balance and egg production in laying hens. **Poultry Science**, v. 86, p. 1716-1725, 2007.

RODRIGUES, P. B.; BERTECHINI, A. G.; OLIVEIRA, B. C.; TEIXEIRA, A. S. E OLIVEIRA, A. I. G. Fatores nutricionais que influenciam a qualidade do ovo no

segundo ciclo de produção. I. Níveis de aminoácidos sulfurosos totais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 25, p. 248-260, 1996.

ROSTAGNO, H.S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4. ed. Viçosa: UFV, 2017.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S., 2016: **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2016.

SANZ, M.; LOPEZ-BOTE, C.J.; D.; MENOYO.; BAUTISTA, J. M. Abdominal fat deposition and fatty acid synthesis are lower and β -oxidation is higher in broiler chickens fed diets containing un-saturated rather than saturated fat. **Journal Nutrition**, v. 130, p. 3034-3037, 2000.

SAS. Statistical Analysis System. SAS/INSIGHT User's guide. INSTITUTE, C. S. 2017.

SAVARY, R. K., MACISAAC, J. L.; RATHGEBER, B.M.; MCLEAN, M.L.; ANDERSON, D. M. Evaluating Brassica napus and Brassica juncea meals with supplemental enzymes for use in laying hen diets: Production performance and egg quality factors. **Canadian Journal Animal Science**, v. 97, p. 476-487, 2017.

SAVARY, R. K.; MACISAAC, J. L.; RATHGEBER, M. L.; MCLEAN; ANDERSON, D. M. Evaluating Brassica napus and Brassica juncea meals with supplemental enzymes for use in laying hen diets: Production performance and egg quality factors. **Canadian Journal Animal Science**, v. 97, p. 476-487, 2017.

SCHRAUZER, G. N. Anticarcinogenic effects of selenium. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 57, p. 1864-1873, 2000.

SCHUMAN, B. E., SQUIRES, E. J.; LEESON, S. Effect of dietary flax seed, flax oil and n-3 fatty acid supplement on hepatic and plasma characteristics relevant to fatty liver haemorrhagic syndrome in laying hens. **British Poultry Science**, v. 41, p. 465-472, 2000.

SCHUTZ, G., NGUYEN-HUU, M.C.; GIESECKE, K.; HYNES, N.E.; GRONER, B.; WURTZ, T.; SIPPEKL, A. E. Hormonal control of egg White protein messenger RNA synthesis in the chicken oviduct. **Cold Spring Harbor Symposium Quantitative Biology**, v. 24, p. 617-624, 1978.

SELL, J.; ANGEL, C.; ESCRIBANO, F. Influence of supplemental fat on weights of eggs and yolks during early egg production. **Poultry Science**, v. 66, p. 1807–1812, 1987.

SIBBALD, I.; PRICE, K. Variation in the metabolizable energy values of diets and dietary components fed to adult roosters. **Poultry Science**, v. 59, p. 215-221, 1975.

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

- SILVERSIDES, F.G.; VILLENEUVE, P. Is the Haugh unit correction for egg weight valid for eggs stored at room temperature? **Poultry Science**, v.73, p.50-55, 1994.
- SOUZA, C.; JAAMES, J. J. B.; GEWEHR, C. E. Equations of prediction for abdominal fat in brown egg-laying hens fed different diets. **Poultry Science**, v. 96, p. 1-8, 2017.
- SUMMERS, J., SHEN, H., LEESON, S. The value of canola seed in poultry diets. **Canadian Journal Animal Science**, v. 62, p. 861-868, 1982.
- SUMMERS, J.; LEESON, S.; SPRATT, D. Canola meal and egg size. **Canadian Journal Animal Science**, v. 68, p. 907-913, 1988.
- 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, p. 1325-1333, 2017.
- TRIPATHI, M. K.; MISHRA, A. S. Glucosinolates in animal nutrition: A review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 132, p. 1-27, 2007.
- VADEHRA, D.V.; NATH, K. R. Eggs as a source of protein. **Critical Reviews in Food Technology**, v.4, p.193-308, 1973.
- UKASHATU, S.; BELLO, A.; UMARU, M. A.; ONU, J. E.; A. SHEHU, S. A.; MAHMUDA, A.; SAIDU, B. A study of some serum biochemical values of japanese quails (*coturnix coturnix japonica*) fed graded levels of energy diets in northwestern Nigeria. **Scientific Journal of Microbiology**, v. 3, p. 1-8, 2014.
- VYNCKE, B.W. Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloracetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. **Fette Seifen Anstrichm**, v.72, n.12, p.1084- 1087, 1970.
- WU, G., BRYANT, M.; VOITLE, R.; ROLAND SR, D. Effect of dietary energy on performance and egg composition of Bovans White and Dekalb White hens during phase I. **Poultry Science**, v. 84, p. 1610-1615, 2005a.
- WU, G., BRYANT, M.; VOITLE, R.; ROLAND SR, D. Effects of bmannanase in corn-soy diets on commercial leghorns in secondcycle hens. I. **Poultry Science**, v. 84, p. 894-897, 2005b.
- WU, S.; CHOCT, M.; PESTI, G. Historical flaws in bioassays used to generate metabolizable energy values for poultry feed formulation: a critical review. **Poultry Science**, v. 99, 385-406, 2020.
- ZHOU, T. X.; CHEN, Y. J.; YOO, J. S.; HUANG, Y.; LEE, J. H.; JANG, H. D.; SHIN, S. O.; KIM, H.J.; KIM, J.H.; CHO, J.H. KIM, I. H. Effects of chitooligosaccharide supplementation on performance, blood characteristics, relative organ weight, and meat quality in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 88, p. 593-600, 2009.
- ZHU, L.P.; WANG, J. P.; DING, X. M.; BAI, S.P.; ZENG, Q. F.; SU, Z. W.; XUAN, Y.; APPLEGATE, T.J.; ZHANG, K. Y. The effects of varieties and levels of rapeseed

expeller cake on egg production performance, egg quality, nutrient digestibility, and duodenum morphology in laying hens. **Poultry Science**, v. 98, p. 4942-4953, 2019.

ZHU, L.P.; WANG, J.P.; DING, X. M.; BAI, S.P.; ZENG, Q.F.; SU, Z.W.; XUAN, Y.; ZHANG, K.Y. Effects of dietary rapeseed meal on laying performance, egg quality, apparent metabolic energy, and nutrient digestibility in laying. **Livestock Science**, v. 214, p. 265-271, 2018.