

**Energia metabolizável e aminoácidos sulfurosos para poedeiras leves no primeiro ciclo de produção**

**Metabolizable energy and sulfur amino acid for laying hens in the first production cycle**

**Energía metabolizable y aminoácidos sulfurosos para ponedora en el primer ciclo de producción**

Recebido: 25/05/2020 | Revisado: 22/06/2020 | Aceito: 25/06/2020 | Publicado: 07/07/2020

**Sarah Gomes Pinheiro**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8577-3576>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: [sarahgpzootecnista@gmail.com](mailto:sarahgpzootecnista@gmail.com)

**Fernando Guilherme Perazzo Costa**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4075-1792>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: [perazzo63@gmail.com](mailto:perazzo63@gmail.com)

**Ricardo Romão Guerra**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8226-8606>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: [rromaoguerra@gmail.com](mailto:rromaoguerra@gmail.com)

**Patrícia Emília Naves Givisiez**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2480-1780>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: [patriciagivisiez@gmail.com](mailto:patriciagivisiez@gmail.com)

**Cláudia Goulart de Abreu**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6195-8173>

Universidade Vale do Acaraú, Brasil

E-mail: [claudiacastrogoulart@gmail.com](mailto:claudiacastrogoulart@gmail.com)

**Leonilson da Silva Dantas**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6455-1694>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: [leonilsondantas@hotmail.com](mailto:leonilsondantas@hotmail.com)

**Matheus Ramalho de Lima**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9897-6209>

Universidade Federal do Sul da Bahia, Brasil

E-mail: [mrlmatheus@gmail.com](mailto:mrlmatheus@gmail.com)

**Danilo Teixeira Cavalcante**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8102-3738>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: [danilo.zootec@hotmail.com](mailto:danilo.zootec@hotmail.com)

**Anilma Sampaio Cardoso**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8494-2032>

Universidade Federal do Sul da Bahia, Brasil

E-mail: [anilma5@hotmail.com](mailto:anilma5@hotmail.com)

**Resumo**

Objetivou-se determinar o nível de energia metabolizável (EM) e de metionina + cistina digestível (M+C) para poedeiras leves de 24 a 44 semanas. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado distribuído em esquema fatorial 3 níveis de M+C digestível (0.603%; 0.670%; e 0.737%) x 3 níveis de EM (2755; 2900 e 3045 kcal/kg), totalizando 9 tratamentos, avaliados por cinco períodos de 28 dias cada. Foi observado interação ( $P < 0,05$ ) dos fatores estudados para as variáveis de consumo de ração, produção de ovos, e para as conversões por massa e por dúzia de ovos. Para qualidade dos ovos houve interação para porcentagem de casca e gema, e em todas as variáveis sorológicas. Nas variáveis histomorfométricas de intestino delgado e útero, só não houve interação para largura de vilosidades intestinais e de dobra uterínica. Recomenda-se a utilização de 0.603% de M+C digestível associado ao nível de 2.900 kcal/kg de EM na dieta de poedeiras leves de 24 a 44 semanas.

**Palavras-chave:** Balanço nutricional; Desempenho; Interação; Metionina+cistina digestível.

**Abstract**

The influence of metabolizable energy (ME) and methionine plus cystine concentration of the diet on performance the laying hens from 24 to 44 weeks of age. The experimental design was completely randomized with 9 treatments in a factorial arrangement with 3 metabolizable energy levels (2755; 2900; and 3045 kcal/kg) and, 3 methionine + cystine digestible levels (0.603%; 0.670%; and 0.737%), evaluated for five periods of 28 days each. For the entire

study interaction was observed ( $P < 0.05$ ) for the feed intake, egg production, egg mass conversion, and conversion per dozen eggs. For egg quality was interaction for percentage of shell and yolk and all serological variables. Histomorphometric variables in the small intestine and uterus only there was no interaction with the width of the intestinal villus and uterus. It is recommended to use 0.603% digestible Met+Cys associated with a level of 2900kcal / kg diet of white laying henson ME between 24 and 44 weeks of age.

**Keywords:** Interaction; Sulphur amino acid; Nutritional balance; Performance; Laying hens.

## Resumen

Se estudió la influencia de la energía metabolizable (EM) y la concentración de metionina más cistina de la dieta en el rendimiento de las gallinas ponedoras de 24 a 44 semanas de edad. El diseño experimental fue completamente al azar con 9 tratamientos en un arreglo factorial con 3 niveles de energía metabolizables (2755; 2900; y 3045 kcal / kg) y, 3 niveles digeribles de metionina + cistina (0.603%; 0.670%; y 0.737%), evaluados por cinco períodos de 28 días cada uno. Para todo el estudio se observó interacción ( $P < 0.05$ ) para la ingesta de alimento, producción de huevo, conversión de masa de huevo y conversión por docena de huevos. La calidad del huevo fue la interacción del porcentaje de cáscara y yema y todas las variables serológicas. Las variables histomorfométricas en el intestino delgado y el útero solo no hubo interacción con el ancho de las vellosidades intestinales y el útero. Se recomienda utilizar 0.603% de Met + Cys digeribles asociados con un nivel de 2900 kcal / kg de dieta de gallinas ponedoras blancas en EM entre las 24 y 44 semanas de edad.

**Palabras clave:** Interacción; Aminoácidos azufrados; Equilibrio nutricional; Rendimiento; Gallinas ponedoras.

## 1. Introdução

O conhecimento da relação existente entre a energia metabolizável e os nutrientes da dieta é essencial para o sucesso na produção industrial de aves, principalmente porque a oferta de ração para as aves geralmente é ad libitum e assim as recomendações nutricionais devem ser equilibradas de acordo com o conteúdo energético das dietas que elas realmente estão consumindo (Lima et al., 2013).

Os níveis de energia a ser considerados na alimentação das aves é o ponto de partida na formulação de rações, pois além do alto custo na produção, é um fator determinante para produção de ovos, manutenção da integridade corporal e produção de calor. Se houver um

aumento no consumo de proteína e aminoácidos, não acompanhado pelo consumo correto de energia, haverá um comprometimento no desempenho dos animais (Leeson & Summers, 2001).

A metionina é um aminoácido essencial para o desenvolvimento corporal das aves, interferindo diretamente no controle do conteúdo do ovo, pois a poedeira consome energia para sustentar o número de ovos, porém o peso desses ovos depende dos níveis de metionina na dieta (Harms, 1999). Esse aminoácido é destinado para deposição de músculos e penas, executando importantes funções como doadora de grupos metil (Simon, 1999), auxiliando na síntese da glutatona (Piovacari et al., 2008) como doadora de enxofre (Wu & Davis, 2005) e como elemento na síntese da cisteína e da S-adenosilmetionina (SAM), sendo portanto, responsável pelas metilações essenciais para a biossíntese de uma gama de compostos celulares, tais como creatina, carnitina, fosfolípídeos e proteínas (Stipanuk, 2004).

Segundo Nelson e Cox, 2006, a metionina quando em deficiência, ocasionará prejuízo na síntese proteica, na atividade do sistema imune e no empenamento de aves, porém quando em excesso, pode ser tóxico ao organismo. Isso porque, a metionina é um aminoácido plurivalente nas vias metabólicas da transulfuração e remetilação, precursor na síntese das proteínas eucarióticas, resultando no aminoácido limitante fundamental na nutrição avícola (Baker, 2009; Brosnan & Brosnan, 2006; Khosravi, 2016).

A cistina é um aminoácido glicogênico, não essencial, gerado por meio da metionina no organismo, agindo mutuamente com a cisteína, em uma reação de modificação mútua do tipo oxiredução. A ingestão de cistina ou cisteína reduz as necessidades nutricionais de metionina. A cistina é necessária para a formação da pele e penas, além do mais, é sabido que estimula o sistema hematopoiético e promove a formação de glóbulos brancos e vermelhos, contribuindo com o processo de cicatrização, diminuindo a dor causada pela inflamação e fortalecendo a formação de tecido conjuntivo. O enxofre necessário para a biossíntese da cisteína provém do aminoácido essencial metionina (Swenson e Reece, 1996; Nelson e Cox, 2006).

A maior eficiência de utilização da proteína e dos aminoácidos dietéticos pelas aves pode proporcionar o suprimento adequado de suas exigências nutricionais, regular o tamanho e peso dos ovos reduzir os custos de produção, além de minimizar os efeitos da poluição ambiental decorrentes da excreção de nitrogênio (Schimidt et al., 2011). Por isso, as formulações de rações consideram a metionina e cistina em conjunto (Bonato, 2013), pois a metionina é precursora da cisteína, responsável pela formação de vários componentes corporais importantes como a cistina. Desse modo, o mínimo de 55% dos aminoácidos

sulfurados na dieta das aves deve ser de metionina, uma vez que esta se converte metabolicamente em cistina (Carvalho, 2017). Em outras palavras, nas formulações de rações para aves, deve-se atender ao mínimo recomendado de Met+Cys, e não apenas ao primeiro aminoácido limitante para as poedeiras, a Met, garantindo ideal suprimento às aves.

Associando a demanda de energia metabolizável pelas aves com a demanda de metionina + cistina, esse estudo buscou correlacionar esses dois fatores com o intuito de determinar os níveis de energia metabolizável (kcal/kg) associados ao nível de metionina + cistina digestível (%) que devem ser ofertados na dieta para aves leves na fase de produção entre 24 e 44 semanas.

## 2. Metodologia

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba, Areia – PB, com duração de 285 dias divididos em cinco períodos de 28 dias cada. As condições ambientais de temperatura e umidade relativa do ar foram registradas diariamente e as temperaturas mínima, máxima e média registradas foram de 21°, 35° e 27°C, respectivamente. A umidade relativa média neste período foi de 81%.

Para a avaliação das dietas foram utilizadas 672 aves da linhagem Dekalb White, com idade entre 24 a 44 semanas de idade, alojadas em galpão convencional de postura, com comedouros tipo calha e bebedouros tipo nipple, recebendo água e ração à vontade. Cada tratamento foi composto por sete repetições, com oito aves em cada unidade experimental.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso distribuído em esquema fatorial 3 x 3, combinando 3 níveis de metionina + cistina digestível (M+C) (0,603; 0,670 e 0,737%) de acordo com a recomendação de (Rostagno et al., 2011) e 3 níveis de energia metabolizável (EM) ( 2755; 2900 e 3045 kcal/kg) (Tabela 1).

Na Tabela 1 encontram-se os níveis nutricionais avaliados no período de 24 a 44 semanas de idade das aves, de acordo com os tratamentos especificados.

As variáveis de desempenho e qualidade dos ovos estudados foram: consumo de ração (g/ave/dia), produção (%), peso dos ovos (g), massa de ovo (g/ave/dia), conversão por massa (g/g) e por dúzia de ovos (kg/dz), peso (g) e porcentagens (%) de gema, albúmen e casca, espessura da casca (mm) e gravidade específica (g/cm<sup>3</sup>).

Nos últimos três dias de cada período foram selecionados quatro ovos por unidade experimental, para determinação do peso de gema, albúmen e casca, para cálculo do peso

relativo (%) dos mesmos, após separação manual destes componentes.

**Tabela1.** Ingredientes e composição química das dietas experimentais.

Energia Metabolizável (kcal/kg)	2.755	2.900	3.045	2.755	2.900	3.045	2.755	2.900	3.045
Metionina+Cistina Digestível %	0,603	0,603	0,603	0,670	0,670	0,670	0,737	0,737	0,737
<b>Ingredientes</b>									
Milho	68,361	65,175	61,988	68,303	65,116	61,93	68,244	65,058	61,872
Farelo de Soja	19,782	20,219	20,656	19,790	20,227	20,664	19,798	20,235	20,672
Calcário	9,569	9,562	9,556	9,568	9,562	9,556	9,568	9,562	9,556
Fosfato Bicálcico	1,134	1,143	1,153	1,134	1,143	1,153	1,134	1,143	1,153
Óleo de Soja	0,044	2,784	5,523	0,027	2,766	5,506	0,009	2,749	5,489
Sal	0,522	0,524	0,525	0,522	0,524	0,525	0,522	0,524	0,525
DL- Metionina	0,163	0,169	0,174	0,231	0,237	0,242	0,299	0,305	0,310
L – Lisina HCl	0,090	0,085	0,089	0,090	0,085	0,081	0,090	0,085	0,081
L -Valina	0,077	0,080	0,083	0,077	0,080	0,083	0,077	0,080	0,083
Cloreto de Colina	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070
L-Treonina	0,064	0,066	0,067	0,064	0,066	0,067	0,064	0,066	0,067
<sup>1</sup> Mineral Postura	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
<sup>2</sup> Vitamina Postura	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
L - Triptofano	0,015	0,014	0,014	0,015	0,014	0,014	0,015	0,014	0,014
<sup>3</sup> BHT	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<b>Composição química</b>									
Energia metabolizável, kcal/kg	2.755	2.900	3.045	2.755	2.900	3.045	2.755	2.900	3.045
Proteína Bruta, %	14,44	14,40	14,37	14,48	14,44	14,41	14,52	14,48	14,45
Metionina+Cistina, %	0,603	0,603	0,603	0,670	0,670	0,670	0,737	0,737	0,737
Cálcio, %	4,020	4,020	4,020	4,020	4,020	4,020	4,020	4,020	4,020
Fósforo disponível, %	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Lisina digestível, %	0,736	0,736	0,736	0,736	0,736	0,736	0,736	0,736	0,736
Treonina digestível, %	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559
Triptofano digestível, %	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169
Valina digestível, %	0,699	0,699	0,699	0,699	0,699	0,699	0,699	0,699	0,699

<sup>1</sup>Premix mineral inorgânico por kg de produto: Mn, 20 g; Fe, 10 g; Zn, 13,7 g; Cu, 2,5 g; Se, 0,063 g; I, 0,19 g; e veículo q.s.p., 500 g. <sup>2</sup>Premix vitamínico por kg de ração: Vit. A - 15.000.000 UI, Vit. D<sub>3</sub> - 1.500.000 UI, Vit. E - 15.000 UI, Vit.B<sub>1</sub> - 2,0 g, Vit.B<sub>2</sub>-4,0 g, Vit B6 - 3,0 g, Vit.B<sub>12</sub> - 0,015 g, Ácido nicotínico - 25 g, Ácido pantotênico- 10 g, Vit.K<sub>3</sub> - 3,0 g, Ácido fólico- 1,0 g, Bacitracina de zinco - 10 g, Selênio - 250 mg. <sup>3</sup>Antioxidante BHT - 10 g, e veículo. q.s.p. - 1.000 g.

No último dia de cada fase experimental foi realizado o abate de dez aves por tratamento, seguido protocolo do Comitê de Bioética no Uso de Animais da UFPB. A eutanásia seguiu os preceitos aceitos pelo CONCEA (2013) e o abate humanitário preconizado pelo MAPA, por meio de eletroanestesia seguida de exsanguinação, depenação, evisceração e destinados a pesagem das aves com e sem vísceras (g/ave), peso de fígado (g/ave), peso de baço (g/ave) e de gordura celomática (g/ave).

O soro, obtido após a centrifugação do sangue, foi estocado a -20°C para posterior análise das concentrações de alanina aminotransferase (U/L), aspartatoaminotransferase (U/L), gamma-glutamilttransferase (U/L), creatinina (mg/dL), albumina (g/dL), proteína sérica

(g/dL), glicose (g/dL) e concentração sérica de ácido úrico (g/dL), através de Kit específico da Biotécnica® para cada variável analisada. A leitura foi feita por espectrofotometria, de acordo com as instruções contidas no equipamento BS120 MINDRAY ChemistryAnalyzer®.

Nas análises histológicas, do sistema digestório (intestino delgado e fígado) e reprodutor (útero) foram imersos em fixador metacarn (60% metanol, 30% clorofórmio e 10% de ácido acético) por 12 horas, sendo transferidos para álcool 70%, seguindo processamento histológico padrão com inclusão em parafina. Foram também realizados cortes seriados dos fragmentos com 5µm de espessura e as seguintes colorações histológicas foram realizadas: hematoxilina e eosina, periodic acid Schiff (PAS) e tricômio de Masson. As fotomicrografias foram capturadas com o auxílio de câmera digital Motic acoplada ao microscópio Olympus BX-51, e as imagens digitalizadas no software KS 400.3 (Zeiss).

As vilosidades intestinais foram visualizadas em microscópio e digitalizadas pelo menos 1 imagem por animal, sendo cada tratamento composto por dez animais. Para cada imagem foi realizada pelo menos três medições morfométricas para altura e largura na porção média da vilosidade (com aumento de 50x), perfazendo um “n” de 30 por tratamento para cada uma dessas variáveis.

Para a avaliação morfométrica das dobras uterínicas foram feitas digitalizações em microscópio de pelo menos cinco imagens por tratamento, aleatoriamente, dentre os animais, sendo que para cada imagem realizada houve três mensurações para as seguintes variáveis: perímetro de dobra uterínica, largura (porção média da dobra) de dobra uterínica e altura da dobra uterínica; perfazendo um “n” de 15 por tratamento, para cada uma dessas variáveis.

As imagens histológicas de magno também foram avaliadas de forma qualitativa, comparando-se as glândulas das dobras uterínicas dos animais em cada tratamento.

Para avaliação do grau de esteatose hepática, atribui-se um escore de avaliação para cada fígado analisado através de fotomicrografias hepáticas de cada animal (10 animais por tratamento), considerando a quantidade e o tamanho dos vacúolos citoplasmáticos lipídicos dos hepatócitos na coloração de hematoxilina-eosina, sendo: 0 (ausência de esteatose), 1 (pouca esteatose), 2 (esteatose moderada) e 3 (esteatose avançada), seguindo de forma modificada o Escore Semi Quantitativo de Ishak (Ishak et al., 1995). Para cada tratamento foi obtido uma média, a qual foi submetida à análise de distribuição multinomial, obtida a partir do PROC GLIMMIX do software SAS(SAS Institute, 2011). Todas as avaliações foram realizadas pelo mesmo histologista para evitar diferenças interpretativas.

Todos os dados foram analisados usando a análise de variância unidirecional (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de múltiplas faixas de Tukey (SAS

Institute, 2011). Para cada tratamento, foi obtida uma média da esteatose hepática, que foi submetida à análise de distribuição multinomial, obtida no software PROC GLIMMIX SAS (SAS Institute, 2011).

### 3. Resultados e Discussão

Houve influência significativa ( $P < 0,05$ ) das dietas testadas para consumo de ração e produção de ovos, o que alterou significativamente as conversões por massa e por dúzia de ovos (Tabela 2). Os melhores resultados para produção de ovos, foram obtidos com 0.603% de M+C dig. associado ao nível de 2900 kcal/kg de EM e, 0.670% associado ao nível de 3045 kcal/kg de EM.

Apesar de não ser observada diferença estatística para peso do ovo, numericamente podemos observar que quanto maior o nível de metionina, maior o peso dos ovos, principalmente quando associado a um alto nível de energia. Sabe-se que as aves tendem a regular o consumo de ração em função das necessidades de energia para tentar saciar e atender os níveis nutricionais que o organismo requer (Moura et al., 2008), quando isso não é alcançado, pode haver desvios de rotas metabólicas para que não haja comprometimento severo de tecidos corporais.

Pesquisas recentes mostram que o nível energético da dieta não é o único fator determinante do consumo. O nível proteico e o perfil de aminoácidos da dieta influenciam as exigências dos aminoácidos não só pelo seu efeito no consumo de ração mas, principalmente, pela eficiência de deposição e a necessidade de excreção dos aminoácidos (Costa et al., 2014). Pois sabe-se que o excesso de aminoácidos circulantes no sangue tende a causar um decréscimo no consumo de ração pelas aves segundo Murakami e Garcia, 2014, além disso, outro fator que pode ter um impacto negativo, no caso de aves de postura em deficiência nutricional, seria a queda na produção, como tentativa do organismo animal tentar não reduzir peso.

Bertechini et al. (2010) ao avaliar cinco níveis de M+C (entre 0,578 e 0,810%) observaram aumento linear no consumo de ração, no ganho de peso, na porcentagem de gema e no extrato etéreo da gema, mostrando a influência de M+C digestível para aumento no peso e no conteúdo dos ovos. Já Brumano et al. (2010) avaliaram níveis crescentes de M+C digestível (0,65; 0,70; 0,75; 0,80; 0,85; e 0,90%) sobre desempenho e qualidade interna dos ovos, e perceberam que o consumo de ração, consumo de met+cis digestível, produção de ovos e massa de ovos aumentaram de forma linear com o aumento dos níveis de metionina +



cistina digestíveis. Entretanto, pesquisa realizada por Polese et al. (2012) não observaram efeito significativo da inclusão de M+C digestível sobre o consumo de ração em função da quantidade adicionada do aminoácido na dieta das aves com níveis de 0.58 à 0.75%.

Em relação à EM, Ribeiro et al. (2013) ao avaliarem níveis crescentes de EMAn (energia metabolizável corrigida pelo balanço de nitrogênio) entre 2700 kcal/kg e 3000kcal/kg, observaram que o aumento não exerceu efeito sobre a produção, a massa e o peso dos ovos, mas a conversão alimentar melhorou a medida que se incrementou a EMAn na dieta. No estudo aqui apresentado, a energia parece ter sido preponderante no ajuste da dieta à maior demanda de M+C na dieta, de tal modo que com o aumento do nível do aminoácido (de 0,603 para 0,607%), o ajuste na energia metabolizável (de 2900 para 3045kcal/kg) favoreceu o desempenho das aves, especialmente em produção de ovos.

Lima et al. (2013) afirmaram que o baixo consumo de ração associado ao aumento nos níveis de energia metabolizável pode ser insuficiente para ingestão adequada de nutrientes, e conseqüentemente para a manutenção da eficiência da ave como um todo em termos de desempenho. Dessa forma, o nutricionista deve avaliar a melhor recomendação de nutrientes na dieta, principalmente no perfil de aminoácidos e adequar essa recomendação ao nível adequado de EM que será fornecido, de acordo com a produção e as condições ambientais a que serão submetidos, garantindo suporte adequado de energia e aminoácidos.

**Tabela 2.** Interação entre os efeitos da metionina + cistina digestível e energia metabolizável no desempenho das poedeiras com idade entre 24 e 44 semanas de idade.

Variáveis	Met+Cys (g/kg)	Energia Metabolizável (kcal/kg)			Media	CV, %	Met+Cys	ME	Met+Cys*ME
		2755	2900	3045					
Consumo ração, g	6.03	102.74 a	92.52 b	98.35 a	97.87	4.55	0.0493	0.0097	0.0167
	6.07	95.46	95.36	95.41	95.41				
	7.37	96.17	94.55	94.00	94.91				
Media		98.12 a	94.14 b	95.92 ab					
Produção ovos,%	6.03	83.48 b	87.77 a	83.69 b	97.87	3.33	0.7267	0.1277	0.0037
	6.07	84.81 ab	84.10 b	87.90 a	95.41				
	7.37	84.6	84.54	86.22	94.91				
Media		84.3	85.47	85.93					
Peso ovo, g	6.03	57.35	57.41	57.49	57.42	5.34	0.5203	0.1179	0.5200
	6.07	57.04	56.48	58.02	57.18				
	7.37	58.13	56.19	58.15	58.16				
Media		57.51	56.69	58.55					
Conversão por massa ovo, g/g	6.03	2.152 b	1.843 a	2.050 b	2.015	8.35	0.1749	0.0654	0.0044
	6.07	1.979	2.019	1.885	1.961				
	7.37	1.958	1.998	1.822	1.926				
Media		2.030	1.953	1.919					
Conversão por dúziaovos, g/dúzia	6.03	1.478 b	1.267 a	1.412 b	1.385	5.68	0.0643	0.0036	0.0004
	6.07	1.352	1.362	1.304	1.339				
	7.37	1.366	1.343	1.31	1.34				
Media		1.399 a	1.324 b	1.319 ab					

Fonte: Autores.

A avaliação da qualidade do ovo mostrou que a interação apresentou resultados satisfatórios em vários tratamentos, pode-se sugerir que o menor nível avaliado de M+C (0,603%) associado ao nível de EM sugerido por Rostagno et al. (2011) de 2900kcal/kg como sendo o mais próximo do valor adequado para aumentar a porcentagem de casca e consequentemente melhorar a qualidade externa do ovo (Tabela 3).

A qualidade do ovo depende da qualidade da casca, pois esta funciona como uma embalagem especial do conteúdo do ovo, com funções essenciais como proteção do embrião, devendo ser suficientemente resistente para suportar os impactos da postura, coleta, classificação e transporte até alcançar o consumidor final (Pelícia et al., 2007). Além de sabermos que quando o peso do ovo não tem aumento significativo, a deposição de minerais na casca mantém sua eficiência.

Como Leeson & Summers (2001) afirmaram, os aminoácidos são componentes essenciais nos ovos e constituem as moléculas proteicas presentes no albúmen e na gema, além de serem importantes para o desenvolvimento e manutenção corporal das aves. Por isso, reflexos positivos no desempenho do animal, no tamanho, peso e conteúdo dos ovos de poedeiras é possível com ajustes nutricionais simples como o fornecimento do nível ideal de

suplementação dos aminoácidos sulfurosos e adequação no perfil de aminoácidos digestíveis, evitando desbalanços que comprometam a síntese protéica. Mesmo assim, Silva et al. (2010) ao avaliarem diferentes níveis de suplementação de metionina + cistina e lisina encontraram que estes aminoácidos não influenciam as características que expressam a qualidade interna e externa dos ovos de poedeiras leves.

Schimidt et al. (2011) não observaram efeito da porcentagem de inclusão de metionina + cistina para porcentagem de gema, casca e albúmen. Entretanto, mais recentemente, Oliveira Filho (2019) ao avaliar diferentes níveis de M+C entre 0,45 à 0,70%, para poedeiras Hisex White, também observou melhoria crescente da qualidade da casca dos ovos até atingir o nível de 0,60%, corroborando com resultados apresentados nesta pesquisa.

Os resultados do estudo aqui apresentado mostram que quanto maior o consumo de nutrientes, maior o aporte para o organismo, o que possivelmente promoveu uma redução da eficiência de retirada de cálcio dos ossos para formação da casca.

A gravidade específica ( $\text{g/cm}^3$ ), espessura da casca e (%) de albumem e gema não sofreram influência das dietas testadas (Tabela 3). Resultados semelhantes foram encontrados por Polese et al. (2012), utilizando níveis de 0,58 a 0,75% de M+C e Oliveira Filho (2019), avaliando níveis entre 0,45 à 0,70%, também não verificou efeito da inclusão de diferentes níveis de M+C sobre as características de qualidade para as variáveis peso de ovo, porcentagem de gema e albúmen, altura de gema, gravidade específica e unidade Haugh.

De acordo com pesquisas realizadas por Moura et al. (2010), a densidade energética da dieta parece exercer pouca influência sobre a formação da gema, corroborando com o resultado apresentado nesta pesquisa, assim como Lima et al. (2013), que explica que o consumo diário de energia tem influência direta na regulação do consumo de aminoácidos mas não diretamente na formação da gema.

**Tabela 3.** Interação entre os efeitos da metionina + cistina digestível e energia metabolizável na qualidade do ovo das poedeiras com idade entre 24 e 44 semanas de idade.

Parâmetros	Met+Cys (g/kg)	Energia Metabolizável (kcal/kg)			Media	C.V. %	Met+Cys	ME	Met+Cis *ME
		2,755	2,900	3,045					
Gravidade específica, g/cm <sup>3</sup>	6.03	1,087	1,086	1,088	1,087	0.29	0.253	0.4884	0.1956
	6.07	1,088	1,089	1,088	1,088				
	7.37	1,089	1,091	1,086	1,088				
Media		1,088	1,089	1,088					
Espessura de casca, mm	6.03	0.354	0.386	0.391	0.377	10.66	0.3218	0.1277	0.3516
	6.07	0.400	0.389	0.395	0.394				
	7.37	0.388	0.385	0.372	0.382				
Media		0.381	0.387	0.386					
Albúmen, %	6.03	63.93	64.08	64.45	64.15	1.7	0.3528	0.3314	0.1930
	6.07	63.66	63.18	64.27	63.7				
	7.37	63.58	64.56	63.86	64.00				
Media		63.72	63.94	64.19					
Casca, %	6.03	9.13 b	9.91 a	9.58 a	9.54 b	3.7	<.0001	0.0301	0.0039
	6.07	10.10	10.08	9.78	9.99 a				
	7.37	10.25	10.14	9.95	10.11 a				
Media		9.83	10.04	9.78					
Gema, %	6.03	26.93	26.02	25.98	26.31	3.5	0.1872	0.1927	0.0477
	6.07	26.24	26.74	25.95	26.31				
	7.37	26.17	25.3	26.18	25.88				
Media		26.45	26.02	26.04					

\*Letras minúsculas diferem entre as colunas, Teste deTukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados para o peso dos órgãos das aves submetidas às dietas experimentais, onde se observa interação dos fatores testados ( $P \leq 0,05$ ) para as variáveis, peso vivo (kg/ave), fígado (kg/ave) e gordura celomática (kg/ave). Vale ressaltar que dentre os aminoácidos, a metionina é um dos que possui menor taxa de excreção, sendo eficientemente reabsorvida (95-99%) por diversos tecidos do organismo de acordo com Oliveira Neto (2014).

Como não houve alterações significativas no peso do baço, que possui importante função imunológica na produção de anticorpos, os resultados indicam que os níveis avaliados não influenciaram o peso desse órgão, concordando com os trabalhos de Kaur et al. (2008) e Parvin et al. (2010) que também não encontraram efeito significativo para essas variáveis ao estudar codornas japonesas alimentadas com diferentes níveis de metionina. Vale salientar que, segundo Acioli (2012) o desenvolvimento dos órgãos do trato digestório e do sistema imunitário depende do crescimento normal das aves na fase inicial, sendo o fígado considerado o mais relevante, pois centraliza o metabolismo geral, alterando seu peso e as

atividades metabólicas quando há alterações na suplementação dietética, o que pode explicar os resultados encontrados nesta pesquisa.

Os dados da gordura celomática, que tem os seus maiores valores nos tratamentos que também tiveram maior nível de energia dietética (3045 kcal/kg), indicam que as diferenças no peso dos animais podem estar ligadas ao acúmulo de gordura abdominal, pelo excesso de energia no organismo da ave.

**Tabela 4.** Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o peso vivo absoluto (kg/ave), peso sem vísceras absoluto (kg/ave), fígado (kg/ave), baço (kg/ave), gordura celomática(kg/ave) das aves de 24 a 44 semanas de idade.

Parâmetros	Met+Cys (g/kg)	Energia Metabolizável (kcal/kg)			Media	C.V., %	Met+Cys	ME	Met+Cys*ME
		2,755	2,900	3,045					
Peso vivo, kg	6.03	1,630 ab	1,541 b	1,738 a	1,636	10.82	0.2989	0.0007	0.9475
	6.07	1,575	1,455	1,652	1,562				
	7.37	1,570	1,540	1,722	1,611				
Media		1,592 b	1,519 b	1,709 a					
Peso do corpo sem vísceras, kg	6.03	1,211	1,221	1,197	1,476	75.19	0.2944	0.4746	0.5305
	6.07	1,123	1,060	1,165	1,117				
	7.37	1,139	1,111	1,205	1,152				
Media		1,162	1,138	1,192					
Fígado, kg	6.03	0.0417	0.0394	0.0398	0.0403	22.19	0.1238	0.1035	0.3789
	6.07	0.0506 a	0.0385b	0.0451 ab	0.0453				
	7.37	0.0394	0.0380	0.0422	0.0399				
Media		0.044	0.039	0.042					
Baço, kg	6.03	0.0018	0.0017	0.0017	0.0017	25.96	0.3669	0.9843	0.5844
	6.07	0.0017	0.0016	0.0017	0.0016				
	7.37	0.0015	0.0017	0.0016	0.0016				
Media		0.0017	0.0017	0.0016					
Gordura celomática, kg	6.03	0.0551	0.0594	0.0841	0.0662 a	50.63	0.0512	0.0002	0.9192
	6.07	0.0425	0.0316	0.064	0.0459 b				
	7.37	0.0482 b	0.0426 b	0.0798 a	0.0568 ab				
Media		0.049 b	0.046 b	0.077 a					

\*Letras minúsculas diferem entre as colunas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Como a influência da M+C sobre os parâmetros de produção de ovos, bem como a densidade energética da ração influenciam diretamente a persistência desses ovos, foram avaliados também as características do aparelho reprodutor dessas aves submetidas às diferentes combinações dietéticas de M+C digestível e EM (Tabela 5).

Para as variáveis histomorfométricas de útero, podemos observar que houve respostas para o comprimento e altura das dobras uterinas, nos tratamentos combinados o maior nível energético com a recomendação de 0.607 e 0.737% de M+C, pois a suplementação com metionina tende a aumentar a quantidade de dobras nas camadas do útero em aves leves. Muito embora, não necessariamente uma dobra uterínica que tenha menor perímetro é mais

baixa, pois elas não seguem um padrão de forma geométrica, haja vista que pode ter, por exemplo, uma maior quantidade de invaginações e ser mais baixa, do mesmo modo que pode ser mais alta com uma menor quantidade de invaginações.

Os resultados quantitativos de dobra uterínica mostram os melhores resultados nos maiores níveis de M+C digestível e de EM, o que já era esperado nesta fase de intensa produção de ovos, onde a glândula da casca, presente no útero, precisa secretar uma maior quantidade de carbonato de cálcio, necessitando assim de uma maior quantidade de nutrientes disponível para atender sua demanda. Lima et al. (2012) também encontraram maior quantidade e maior desenvolvimento de dobras uterínicas secundárias quando suplementaram triptofano na dieta de poedeiras, além de hiperplasia do órgão. Muito embora, Guerra et al. (2020), ao avaliarem codornas na fase de postura com diferentes níveis de metionina (0.888%; 0.977%; e 1.066%), não observaram diferença estatística quanto as dobras uterinas, apenas nas aves que sofrem estresse calórico.

**Tabela 5.** Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a histomorfometria do útero das aves com idades entre 24 e 44 semanas.

Parâmetros	Met+Cys (g/kg)	Energia Metabolizável (kcal/kg)			Media	CV, %	Met+Cys	ME	Met+Cys*ME
		2,755	2,900	3,045					
Comprimento de dobra uterínica, µm	6.03	57212	65253	65658	62685 b	18.61	0.004	<0.0001	0.0021
	6.07	51440 b	59963 b	82100 a	63244 b				
	7.37	63546 b	60832 b	108208 a	77529 a				
Média		57682 b	62950 b	85252 a					
Largura de dobra uterínica, µm	6.03	7231.5	6757.03	6456.49	6831.7	21.42	0.5138	0.328	0.3465
	6.07	6744.9	5295.9	7373.96	6407.1				
	7.37	6045.57	6193.16	6516.4	6251.7				
Média		6686.8	6120,0	6733.5					
Altura de dobra uterínica, µm	6.03	18111 b	27722 a	24029 a	23493	16.84	0.8481	<0.0001	0.027
	6.07	17222 b	22869 ab	27974 a	22311				
	7.37	-	-	-	22568				
Média		17622 b	24376 a	26783 a					

\*Letras minúsculas diferem entre as colunas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 6, os resultados estão dispostos com os efeitos significativos ( $P < 0.05$ ) quanto a interação dos fatores com as dietas para as variáveis histomorfométrico do intestino delgado de galinhas poedeiras com idades entre 24 e 44 semanas.

Para altura de vilos a interação entre os nutrientes estudados demonstrou resultado satisfatório no nível energético 2755 kcal/kg com 6.03 Met+Cys (g/kg) quando comparado aos demais tratamentos.

Vilosidades mais largas foram observadas em dietas contendo 3045 kcal/kg com 6.07 Met+Cys (g/kg), sabe-se que vilos mais largos e com mais ramificações proporcionam uma maior área de contato da superfície de absorção intestinal com o alimento, aumentando dessa forma a captação dos nutrientes.

As criptas foram influenciadas estatisticamente nas dietas com o nível de 6.07 Met+Cys (g/kg) e 3045 kcal/kg, com o surgimento de criptas mais profundas, quando o que se deseja são criptas rasas, indicando assim uma absorção intestinal eficiente, necessitando de poucos nutrientes para a renovação celular. Dessa forma, as células intestinais se tornam mais maduras e conseqüentemente a produção enzimática e a absorção de nutrientes se tornam mais eficazes. (Arruda et al., 2008).

Amelhor relação vilo x cripta foi alcançada no menor nível energético fornecido nas dietas 2755 kcal/kg com 6.03 Met+Cys (g/kg), segundo Arruda et al. (2008) quanto mais alta a relação vilo:cripta, melhor é a absorção de nutrientes e menor as perdas energéticas com renovação celular. Essa maior relação é o ideal, pois favorece o processo de absorção de nutrientes, promovendo uma menor perda energética com renovação celular.

Vale ressaltar que a cistina desempenha um papel importante na manutenção da função e atividade das proteínas da glutathiona peroxidase (GSH), que é um importante antioxidante celular (Ruan et al., 2018). Portanto, verificou-se que a suplementação com metionina aumenta os níveis de GSH e a capacidade antioxidante total na mucosa do duodeno, melhorando o desenvolvimento das vilosidades intestinais, indicando que esses efeitos benéficos são devidos as funções antioxidantes (Shen et al ., 2015).

**Tabela 6.** Interação entre os efeitos da metionina + cistina digestível e energia metabolizável nas análises histomorfométricas do intestino delgado das poedeiras com idade entre 24 e 44 semanas de idade.

Parâmetros	Met+Cys (g/kg)	Energia Metabolizável (kcal/kg)			Media	CV. %	Met+Cys	ME	Met+Cys*ME
		2,755	2,900	3,045					
Altura de vilo, µm	6.03	17893	16459	16524	16900.4 a	16.71	0.0013	0.1479	<.0001
	6.07	15561 b	13397 c	17747 a	15437.4 b				
	7.37	16094 a	17542 a	14436 b	16084.6 ab				
Media		16442.2	15825.6	16188.1					
Largura do vilo, µm	6.03	2283.88	2151.74	2220.58	2216.24	31.03	0.6311	0.2848	0.1309
	6.07	1958.88 b	2183.06 ab	2430.31 a	2167.07				
	7.37	2194.32	2044.68	2150.55	2127.12				
Media		2133.83	2125.18	2257.99					
Profundidade de cripta, µm	6.03	2752.69	2940.76	2753.94	2817.05 b	20.93	<.0001	<.0001	<.0001
	6.07	3495.99 a	2956.31 b	3622.88 a	3348.03 a				
	7.37	2902.19 a	2375.79 b	3049.12 a	2761.11 b				
Media		3077.97 a	2752.09 b	3102.15 a					
Vilo:Crypta	6.03	6.96 a	5.81 b	6.22 ab	6.30 a	29.65	<.0001	0.0332	<.0001
	6.07	4.66	4.79	5.29	4.88 b				
	7.37	5.70 b	7.70 a	4.89 b	6.16 a				
Media		5.695 ab	6.129 a	5.511 b					

Fonte: Autores.

Os resultados da análise bioquímica sérica em todos os parâmetros sorológicos, como resposta a interação dos níveis de M+C digestível e energia metabolizável são apresentados na Tabela 7. Os resultados superiores em sua maioria ocorreram quando houve a interação entre o nível de 0,603% M+C dig e 2900 kcal / kg de EM, sendo possível observar, portanto, que os níveis das transaminases e a proteína corporal total alcançam a maior eficiência da atividade celular.

O grau de esteatose hepática tende a aumentar quanto maior for o nível de EM na dieta, principalmente quando combinado a um menor nível de M+C digestível, pois ocorre um desbalanço no perfil nutricional, acarretando alterações no metabolismo hepático.



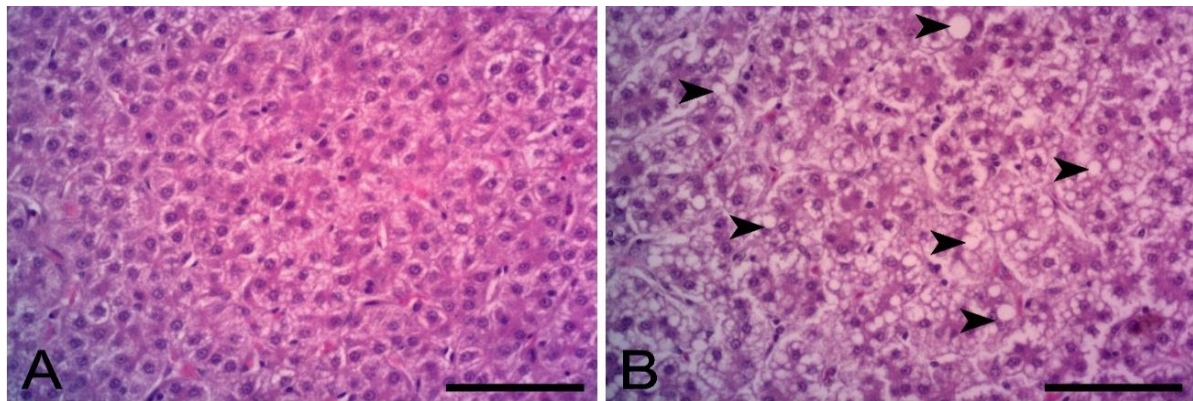
**Tabela 7.** Interação entre os efeitos da metionina + cistina digestível e energia metabolizável nos parâmetros sorológicos em poedeiras com idade entre 24 e 44 semanas de idade.

Parâmetros	Met+Cys (g/kg)	Energia Metabolizável(kcal/kg)			Media	C.V.	Met+Cys	ME	Met+Cys*ME
		2,755	2,900	3,045					
ALT, U/L	6.03	27.70 b	23.00 c	33.20 a	27.97 b	7.71	<.0001	<.0001	<.0001
	6.07	79.30 a	32.70 b	16.10 c	42.70 a				
	7.37	16.20 b	34.30 a	32.30 a	27.60 b				
Media		41.07 a	30.00 b	27.20 b					
AST, U/L	6.03	149.70 a	131.60 b	144.60 a	141.97 b	5.67	<.0001	<.0001	<.0001
	6.07	252.30 a	166.20 b	135.80 c	184.77 a				
	7.37	135.70 c	167.10 a	147.30 b	150.03 b				
Media		179.23 a	154.97 b	142.57 b					
GGT, U/L	6.03	15.40 a	15.30 a	13.10 b	14.60 ab	9.54	<.0001	<.0001	<.0001
	6.07	15.50	15.30	16.60	15.80 a				
	7.37	10.20 b	15.90 a	15.70 a	13.93 b				
Media		13.70 b	15.50 a	15.13 a					
ALB, g/dL	6.03	2.79	2.71	2.67	2.723 a	4.83	<.0001	<.0001	<.0001
	6.07	2.66 b	2.55 b	3.08 a	2.763 a				
	7.37	1.98 c	2.51 b	2.94 a	2.477b				
Media		2.477 b	2.590 b	2.897 a					
P T, g/L	6.03	5.17 b	5.75 a	5.48 ab	5.467 ab	7.78	<.0001	<.0001	<.0001
	6.07	5.91 ab	5.47 b	6.12a	5.833 a				
	7.37	4.44 c	5.28 b	6.60 a	5.440 b				
Media		5.17 b	5.75 a	5.48 ab					
CREAT, g/L	6.03	0.180 b	0.230 a	0.200 ab	0.203 a	20.06	<.0001	<.0001	<.0001
	6.07	0.150 a	0.180 a	0.100 b	0.143 b				
	7.37	0.200	0.200	0.190	0.197 a				
Media		0.177 b	0.203 a	0.163 b					
GLIC, U / L	6.03	227.30 c	257.80 a	244.40 b	243.17 a	2.09	<.0001	<.0001	<.0001
	6.07	239.90 b	237.60 b	265.20 a	247.57 a				
	7.37	183.60 c	240.50 b	266.30 a	230.13 b				
Media		216.93 c	245.30 b	258.63 a					
AU, µmol / L	6.03	4.50 b	5.11 a	4.04 c	4.55 b	8.65	<.0001	<.0001	<.0001
	6.07	5.16 b	5.17 b	6.29 a	5.54 a				
	7.37	3.47 b	2.90 c	5.65 a	4.01 c				
Media		4.38 b	4.39 b	5.33 a					

Alanina aminotransferase (ALT), aspartatoaminotransferase (AST), gama glutamiltransferase (GGT), albumina (ALB), proteínas totais (PT), creatinina (CREAT), glicose (GLIC) e ácido úrico (AU).  
 \*Letras minúsculas diferem entre as colunas, Teste deTukey a 5% de probabilidade.

Foram encontrados os quatros valores (de 0 a 3) para grau de esteatose, sendo o grau 0, sem a presença de gotículas de gordura no fígado, e o grau 2, o que contém maior quantidade dessas gotículas (Figura 1).

**Figura 1.** Fotomicrografia hepática do grau de esteatose (A - grau 0 e B - grau 2) nas aves com 44 semanas de idade (barra de 100 µm).



Fonte: Autores.

Como na postura todos os órgãos e sistemas estão desenvolvidos, o excedente de glicogênio hepático, que nas fases de crescimento pode ser usado como substrato energético, começa a se acumular no fígado e ser destinada a maior produção de estrogênio, que aumentaria assim, a produção de ovos. Tal acúmulo pode elevar o grau de esteatose hepática.

No magno não foram encontradas diferenças significativas quanto às imagens (parâmetro qualitativo) dessas aves, portanto não foram realizadas as análises quantitativas para as fases de produção (de 24 a 44 semanas).

#### 4. Considerações Finais

Recomenda-se a utilização de 0.603% de metionina+cistina digestível associado a um nível de 2900 kcal/kg de energia metabolizável em dietas para poedeiras leves entre 24 e 44 semanas de idade.

#### Referências

Acioli, M. I. L. (2012). A importância da qualidade de uma franga: os fatores que influenciam o desempenho das aves desde a aquisição até a fase de crescimento. Brasil. A Revista do Ovo, n.8.

De Arruda, A. M. V., Fernandes, R. T. V., da Silva, J. M., & Lopes, D. C. (2008). Avaliação morfo-histológica da mucosa intestinal de coelhos alimentados com diferentes níveis e fontes de fibra. *Revista Caatinga*, 21(2), 1-11.

Baker, D. H. (2009). Advances in protein-amino acid nutrition of poultry. *Amino acids*, v.37, p.29-41. [doi.org/10.1007/s00726-008-0198-3](https://doi.org/10.1007/s00726-008-0198-3)

Bertechini, A. G., Fassani, E. J., & Rodrigues, P. B. (2010). Níveis de metionina + cistina digestíveis em rações para poedeiras no pico de produção. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 62 (5): 1216-1224. [doi.org/10.1590/S0102-09352010000500026](https://doi.org/10.1590/S0102-09352010000500026)

Bonato, M. A. (2013). Estimativa das exigências de treonina, lisina e metionina+cistina para frangas de postura por meio de modelos. Jaboticabal. Tese (Doutorado), 43 f. Curso de Zootecnia, Universidade Estadual Paulista.

Brosnan, J. T., & Brosnan, M. E. (2006). The sulfur-containing amino acids: an overview. *Journal of Nutrition*, v. 136, p.1636S-1640S. [doi.org/10.1093/jn/136.6.1636S](https://doi.org/10.1093/jn/136.6.1636S)

Brumano, G., Gomes, P. C., Donzele, J. L., Rostagno, H. S., Rocha, T. C., & Almeida, R. L. (2010). Níveis de metionina + cistina digestível em rações para poedeiras leves no período de 24 a 40 semanas de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*,v.39,n.6,p.1228-1236. [doi.org/10.1590/S1516-35982010000600010](https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000600010)

Carvalho, G. B. (2017). Níveis e fontes de metionina na nutrição de frangos de corte. Goiânia. Tese (Doutorado), 126 f - Curso de Zootecnia, Universidade Federal de Goiás,

CEUA. Comissão de Ética no Uso de Animais. Disponível em: <http://ceua.ufsc.br/>.

Costa, F. G. P., Vilar da Silva, J. H., Goulart, C. C., Nogueira, E. T., & Sá, L. M. (2014). Exigências de aminoácidos para aves: Proteínas e aminoácidos. In: *Nutrição de Não ruminantes*. p. 240-261.

Guerra, R. R., De Moraes, L. R., Delicato, M. E. A., da Silva Cruz, A., de Vasconcelos Alves, C. V. B., Campos, D. B., & da Costa, F. G. P. (2020). Effects of methionine supplementing on

intestine, liver and uterus morphology, and on positivity and expression of calbindin-D28k and TRPV6 calcium carriers in laying quails in thermoneutral conditions and under thermal stress. *bioRxiv*. doi.org/10.1101/2020.01.23.916551

Harms, R. H., Hinton, K. L., & Russel, G. B. (1999). Energy: methionine ratio and formulating feed for commercial layers. *Journal Applied Poultry Research*, v.8, p.272-279. doi.org/10.1093/japr/8.3.272

Ishak, K., Baptista, A., Bianchi, L., Callea, F., De Groote, J., Gudat, F., & Phillips, M. J. (1995). Histological grading and staging of chronic hepatitis. *Journal of hepatology*, 22(6), p.696-699. doi.org/10.1016/0168-8278(95)80226-6

Kaur, S., Mandal, A. B., Singh, K. B., Kadam, M. M. (2008). The response of Japanese quails (heavy body weight line) to dietary energy levels and graded essential amino acid levels on growth performance and immuno-competence. *Livestock Science*, 117, 255-262. doi.org/10.1016/j.livsci.2007.12.019

Khosravi, H., Mehri, M., Bagherzadeh-Kasmani, F., Asgharimoghadam, M. (2016). Methionine requirement of growing Japanese quails. *Animal Feed Science and Technology*, 212, p.122-128. doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.12.017

Leeson, S., Summers, J. D., & Caston, L. J. (2001). Response of layers to low nutrient density diets. *Journal applied Poultry Research*, 10, p.46-52. doi.org/10.1093/japr/10.1.46

Lima, M. R. (2012). Exigências nutricionais de treonina e triptofano para codornas japonesas e galinhas poedeiras leves em postura. Areia – PB. Tese (doutorado em zootecnia). 133f. Universidade Federal da Paraíba.

Lima, M. R., Costa, F. G. P., Batista, J. D. O., Oliveira, S. S. M., & Santos, S. C. F. (2013). Impact of the feed metabolizable energy on protein and amino acids demand of Japanese quails. *Global Journal of Animal Scientific Research*, 1(1), 7-17.

Moura, G. S., Barreto, S. L. T., & Lanna, E. A. T.(2010). Efeito da redução da densidade energética de dietas sobre as características do ovo de codorna japonesa. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 6, p.1266-1271. doi.org/10.1590/S1516-35982010000600015

Moura, G. S., Barreto, S. L. T., Donzele, J. L., Hosoda, L. R., Pena, G. M., & Angelini, M. S. (2008). Dietas de diferentes densidades energéticas mantendo constante a relação energia metabolizável: nutrientes para codornas japonesas em postura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37, 9, p.1628-1633. doi.org/10.1590/S1516-35982008000900015

Murakami, A. E., & Garcia, E. R. M. (2014). *Nutrição de codornas japonesas*. Jaboticabal, Em: *Nutrição de não ruminantes*. ed. Funep, p. 621-641.

Nelson, D. L., Cox, M. M. (2006). *Lehninger – Principles of Biochemistry*. Four edition, 1119p.

Oliveira Filho, P. A. (2019). *Exigência de metionina + cistina na alimentação de poedeiras comerciais leves no segundo ciclo de produção em clima quente e úmido*. Manaus. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal)- Universidade Federal do Amazonas.

Oliveira Neto, A. R. (2014). *Metabolismo e exigência de metionina: Proteínas e aminoácidos*. Jaboticabal-SP. In: *Nutrição de Não ruminantes*. p.186-217.

Parvin, R., Bmandal, A. S. I. T., Msingha, S., & Thakurb, R. (2010). Effect of dietary level of methionine on growth performance and immune response in Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). *Journal Science Food Agriculture*,90,p471– 481.doi.org/10.1002/jsfa.3841

Pelícia, K., Garcia, E. A., Scherer, M. R. S., Móri, C., Dalanezi, J. A., Faitarone, A. B. G., Molino, A. B., & Berto, D. A. (2007). Alternative calcium source effects on commercial egg production and quality. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 9 (2): p.105-109. doi.org/10.1590/S1516-635X2007000200005

Piovacari, S. M., Shima, M., & Cardoso, R. (2008). *Imunonutrição*. Einstein: Educação Continuada em Saúde, v.6, p.41-43.

Polese, C., Nunes, R. V., Vilela, C. G., Murakami, A. E., Agustini, M. A. B., Takahashi, S. E., Vilela, V. O., Souza, C., & Schneider, S. E. (2012). Quantidade de metionina+cistina digestível para poedeiras semipesadas de 75 a 91 semanas de idade. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 64 (6): p.1682-1690. [doi.org/10.1590/S0102-09352012000600038](https://doi.org/10.1590/S0102-09352012000600038)

Ribeiro, P. A. P., Matos Júnior, J. B., Queiroz, A. C. A., Lara, L. J. C., & Baião, N. C. (2013). Efeito dos níveis de energia para poedeiras comerciais no período final de produção sobre o desempenho, a conversão alimentar e energética e a qualidade de ovos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 65 (5): p.1491-1499. [doi.org/10.1590/S0102-09352013000500030](https://doi.org/10.1590/S0102-09352013000500030)

Rostagno, H. S., albino, L. F. T., & Donzele, J. L. (2011). Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3ª ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 252p.

Ruan, D., Fouad, A. M., Fan, Q., Xia, W., Wang, S., Chen, W., & Zheng, C. (2018). Effects of dietary methionine on productivity, reproductive performance, antioxidant capacity, ovalbumin and antioxidant-related gene expression in laying duck breeders. *British Journal of Nutrition*, 199(2), .121-130. [doi.org/10.1017/S0007114517003397](https://doi.org/10.1017/S0007114517003397)

SAS (2011). SAS/ STAT 9.3 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. 261p.

Schmidt, M., Gomes, P. C., Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Nunes, R. V., & Mello, H. H. C. (2011). Níveis nutricionais de metionina + cistina digestível para poedeiras leves no segundo ciclo de produção. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40,(1), .142-147. [doi.org/10.1590/S1516-35982011000100020](https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000100020)

Shen, Y. B., Ferket, P., Park, I., Malheiros, R. D., & Kim, S. W. (2015). Effects of feed grade L- methionine on intestinal redox status, intestinal development, and growth performance of young chickens compared with conventional DL-methionine. *Journal of Animal Science*, 93(6), .2977-2986. [doi.org/10.2527/jas.2015-8898](https://doi.org/10.2527/jas.2015-8898)

Silva, M. F. R., Faria, D. E., Rizzoli, P. W., Santos, A. L., Sakamoto, M. I., & Souza, H. R. B. (2010). Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com rações contendo diferentes níveis de metionina e lisina. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(10), p.2246-2252. [doi.org/10.1590/S1516-35982010001000021](https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001000021)

Simon, J (1999). Choline, betaine and methionine interactions in chickens, pigs and fish (including crustaceans). *Worlds Poultry Science Journal*, 55, 353-374.

Stipanuk, M. H. (2004). Sulfur amino acid metabolism: pathway for production and removal of homocysteine and cysteine. *Annual Review Nutrition*, 24, p.539-577. [doi.org/10.1146/annurev.nutr.24.012003.132418](https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.24.012003.132418)

Swenson, M. J., & Reece, W. O. (1996). *Dukes - Fisiologia dos Animais Domésticos*. Rio de Janeiro. Editora Guanabara Koogan. 11ed. 856p.

Wu, G., & Davis, D. A. (2005). Interrelationship among methionine, choline and betaine in channel catfish – *Ictalurus punctatus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 36, 337-345. [doi.org/10.1111/j.1749-7345.2005.tb00337.x](https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2005.tb00337.x)

#### **Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Sarah Gomes Pinheiro – 35%

Fernando Guilherme Perazzo Costa – 10%

Ricardo Romão Guerra – 10%

Patrícia Emília Naves Givisiez – 10%

Cláudia Goulart de Abreu – 05%

Leonilson da Silva Dantas – 05%

Matheus Ramalho de Lima – 10%

Danilo Teixeira Cavalcante – 05%

Anilma Sampaio Cardoso – 10%