



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ - UESPI
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - CCA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**EFEITO DOS NÍVEIS DE METIONINA+CISTINA DIGESTÍVEL
SOBRE A MORFOMETRIA DO JEJUNO DE POEDEIRAS LEVES**

LIVIA MARIA DA SILVA MOURA

TERESINA – PI

2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ - UESPI
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - CCA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

A comissão Examinadora, abaixo assinado, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso,
modalidade Artigo Científico em 09/04/2025

EFEITO DOS NÍVEIS DE METIONINA+CISTINA DIGESTÍVEL SOBRE A
MORFOMETRIA DO JEJUNO DE POEDEIRAS LEVES

Elaborado por

Livia Maria da Silva Moura

Como requisito para obtenção do título de
Zootecnista

COMISSÃO EXAMINADORA

Profa. Dra. Thamires da Silva Ferreira - CCA/UESPI
Presidente

Profa. Dra. Samira Teixeira Leal - CCA/UESPI
Membro

Profa. Dra. Dinnara Layza Souza da Silva - CCA/UESPI
Membro

EFEITO DOS NÍVEIS DE METIONINA+CISTINA DIGESTÍVEL SOBRE A MORFOMETRIA DO JEJUNO DE POEDEIRAS LEVES¹

Livia Maria da Silva Moura²

Thamires da Silva Ferreira³

Samira Teixeira Leal⁴

Dinnara Layza Souza da Silva⁵

Resumo: A metionina é o primeiro aminoácido essencial limitante para as poedeiras que consomem dietas formuladas com milho e farelo de soja. O objetivo deste estudo foi avaliar os níveis de metionina+cistina digestíveis em dietas de poedeiras leves de 42 a 62 semanas de idade e seu efeito sobre a histomorfometria do jejuno. Foram utilizadas 600 galinhas poedeiras da linhagem Hy-line W80, foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos (0,40, 0,46, 0,50, 0,54 e 0,58) com 12 repetições de 10 aves. Na 62ª semana oito aves por tratamento foram abatidas por eletronarcolese e coletado o jejuno para análise histológica. As variáveis analisadas foram: largura de vilo (LV, μm), altura de vilo (AV, μm), profundidade de cripta (PC, μm), relação vilo:cripta (V:C), área de superfície de vilosidade (ASV, cm^2) e o número de células caliciformes (CC). Houve efeito significativo para ALV, ASV, PC e CC ($P < 0,05\%$). A altura de vilosidade foi satisfatória até a porcentagem de 0,53% de metionina digestível. O mesmo comportamento se repetiu para área de superfície de vilo e profundidade de cripta e número de células caliciformes. Todavia, a maior área de superfície de vilo foi com 0,56% de metionina. Tanto a profundidade de cripta, quanto o número de células caliciformes, a inclusão de 0,50% de metionina digestível apresentou o melhor resultado. Contudo, a variável de relação vilo:cripta teve aumento crescente linear conforme se elevou os níveis de inclusão da metionina das dietas. conclui-se que até 0,56% de metionina mantem a integridade da mucosa do jejuno.

Palavra-chave: célula caliciforme; intestino delgado; vilosidade.

Artigo apresentado ao Curso de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), como requisito final para a obtenção do título de Zootecnista.

Data de submissão à Universidade: 28/03/2025.

²Aluna do Curso de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), Teresina-PI. E-mail institucional: liviamoura@aluno.uespi.br

³Professora do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Estadual do Piauí – UESPI, Título doutora em zootecnia. E-mail institucional: thamiresdasilvaferreira@cca.uespi.br

⁴Professora do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Estadual do Piauí – UESPI, Título doutora em zootecnia. E-mail institucional: samira.oliveira@cca.uespi.br

⁵Professora do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Estadual do Piauí – UESPI, Título doutora em zootecnia. E-mail institucional: dinnara.layza@cca.uespi.br

EFFECT OF DIGESTIBLE DI METHIONINE+CISTINE LEVELS ON THE MORPHOMETRY OF THE JEJUNUM OF LIGHT LAYING HENS

Abstract: Methionine is the first limiting essential amino acid for laying hens fed diets formulated with corn and soybean meal. The objective of this study was to evaluate the levels of digestible Metionina+cistina in diets of light laying hens from 42 to 62 weeks of age on the histomorphometry of the jejunum. Six hundred laying hens of the Hy-line W80 line were used, distributed in a completely randomized design with five treatments (0.40, 0.46, 0.50, 0.54 and 0.58) with 12 replicates of 10 birds. At week 62, eight birds per treatment were slaughtered by electronarcosis and the jejunum was collected for histological analysis. The variables analyzed were villus width (LV, μm), villus height (AV, μm), crypt depth (PC, μm), villus:crypt ratio (V:C), villus surface area (VSA, cm^2) and number of goblet cells (CC). There was a significant effect for VSA, VSA, PC and CC ($P<0.05\%$). Villus height was satisfactory up to the percentage of 0.53% digestible Methionine. The same behavior was repeated for villus surface area and crypt depth and number of goblet cells. However, the largest villus surface area was with 0.56% Methionine. Both for crypt depth and number of goblet cells, the inclusion of 0.50% digestible Methionine showed the best result. However, the variable villus:crypt ratio showed a linear increase as the levels of methionine inclusion in the diets increased. It is concluded that up to 0.56% of methionine maintains the integrity of the jejunal mucosa.

Keyword: goblet cell; small intestine; villus.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o 5º maior produtor de ovos do mundo, tendo produzido no ano de 2023 cerca de 52.4 bilhões de unidades de ovos, com seu consumo *per capita* de 242 unidades habitante por ano e exportando 2.3 toneladas já no ano 2025, segundo a ABPA (2024). A precocidade das aves é o maior alavancador para o crescimento na produção, sendo necessário para sua eficácia o melhoramento dos programas de alimentação, exigindo que sejam cada vez mais modernos e funcionais para a eficácia do metabolismo (FIGUEIREDO JUNIOR et al., 2014).

Quando se fala em alimentação, há uma variedade de nutrientes que é exigido nas dietas das aves, e em especial as proteínas que são essenciais para promover uma boa produção de ovos. Na ração, os componentes proteicos representam uma das fontes nutricionais mais onerosas e desempenham um papel fundamental na nutrição das aves. A eficácia de sua utilização está diretamente relacionada à quantidade, composição e digestibilidade dos aminoácidos que os compõem, os quais são necessários em concentrações específicas para atender às exigências nutricionais das aves (BRUMANO, 2008). Costa (2014), fala que mais importante que a quantidade de proteínas oferecidas na dieta, é a qualidade, ou seja, o perfil de aminoácidos destas proteínas.

Os aminoácidos podem ser classificados como essenciais e não essenciais. Sendo os essenciais aqueles que não conseguem ser sintetizados pelo organismo em velocidade suficiente ao atendimento máximo do desempenho e precisam de vários passos metabólicos para sua biossíntese. Dessa forma, são considerados indispensáveis na dieta, de maneira que, sua ausência impede o organismo de sintetizar proteína de forma eficiente, impedindo que a ave expresse o seu potencial genético de produção. Diante disso, os aminoácidos essenciais se tornam limitantes quando não atendem a necessidade mínima da ave. Enquanto os “não essenciais” são aqueles, que ao contrário dos essenciais, conseguem ser sintetizados por fatores endógenos (BERTECHINI, 2012).

A metionina é um aminoácido sulfurado essencial e é o primeiro aminoácido limitante nas dietas de aves a base de milho e farelo de soja. No organismo, destaca-se por desempenhar importante papel na síntese de proteínas. No metabolismo a metionina se converte em S-adenosil-L-metionina (SAM) que é conhecida por ser doadora do grupamento metil para a maioria das metiltransferases que modificam DNA e RNA na síntese proteica.

Em vias gerais, a metionina participa da biossíntese de substâncias como creatina, cisteína, poliaminas, colina, betaína, influencia no metabolismo lipídico, estimulando o catabolismo oxidativo de ácidos graxos através do seu papel na síntese de carnitina. Outra função importante é na ação antioxidante, ajudando a proteger as células contra estresse oxidativo. Por essas razões, a sua suplementação em níveis adequados a exigência é fundamental para o desenvolvimento e manutenção corporal das aves (BUNCHASAK, 2009; CORSO et al., 2006; FANATICO, 2010; WILLIAMS e SCHALINSKE, 2007).

Diante disso, em condições práticas, dietas com deficiência de metionina comprometem a produção e o peso dos ovos, além de promoverem o aumento da deposição de gordura no fígado de aves poedeiras (JORDÃO FILHO, 2006). Sendo assim, necessário a suplementação em níveis adequados que atendam as exigências nutricionais da ave.

É possível observar na literatura variação nas exigências de metionina+cistina digestível, a razão para essas discrepâncias pode estar associada a mudanças em sua capacidade produtiva ao longo do tempo. Além de fatores como diferenças na idade e peso das galinhas, no nível de produção, e fatores ambientais (GOMES & ANGELES, 2016). Na literatura temos recomendações oriundas da National Research Council (NRC), artigos publicados, manuais de linhagens e as tabelas brasileiras de aves e suínos, com variações entre 48 a 79 mg de Metionina+cistina digestível. Sabe-se que essas referências superestima o requerimento da ave, para assim garantir ao atendimento das necessidades, independente das condições ambientais em que os animais estão sendo alojados. A principal consequência disso é o desbalanço nutricional, que pode resultar em excreções de nutrientes de maneira excessiva, causando desperdício e poluição ambiental, além do custo metabólico em excretar o excesso não utilizado (FERREIRA, 2021).

Quando se fala em ações metabólicas de absorção e digestão o órgão responsável é o intestino delgado, que é subdividido em três porções de extrema importância, o duodeno (região cranial), jejuno e íleo (região caudal), que são histologicamente semelhantes. Contudo, o jejuno é o segmento de maior comprimento do intestino delgado, e consequentemente a sua área de absorção é maior. A parede intestinal desses segmentos é composta por mucosa, submucosa, muscular externo e serosa. A camada mucosa por sua vez é formada por vilosidades e criptas, as criptas é o principal sítio de proliferação celular, responsável pela turnover epitelial. Enquanto as vilosidades aumentam a área de contato com o quimo e o bolo alimentar, promovendo maior área de digestão e absorção. No epitélio de revestimento das

vilosidades, há presença de enterócitos (células de absorção) e células caliciformes que agem na proteção do epitélio intestinal (JUNQUEIRA & CARNEIRO, 2017; SAKOMURA et al., 2014; EURELL & FRAPIIER, 2012).

Diante da importância da integridade dos componentes intestinais, e sabendo que a ingestão de metionina promove alterações na morfologia ao estimular a proliferação celular, mecanismos mediados pela síntese de poliaminas, as quais desempenham papel fundamental no crescimento e desenvolvimento do epitélio intestinal (TIMMONS; CHANG; WANG; RAO, 2014), se torna de interesse conhecer como os níveis diferentes de metionina+cistina possa estimular a melhora dos parâmetros histomorfométricos do jejuno. Dessa forma, objetivou-se com esta pesquisa avaliar os níveis de metionina+cistina digestíveis em dietas de poedeiras leves de 42 a 62 semanas de idade e seu efeito sobre a histomorfometria do jejuno

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Desenho experimental, instalações e dietas

O experimento foi submetido à Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal da Paraíba, e aprovado com número de protocolo nº4161290819. A pesquisa foi desenvolvida no Módulo de Avicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, localizado no município de Areia – PB, Brasil. As condições ambientais de temperatura e umidade relativa do ar foram registrados diariamente durante todo experimento com temperatura média máxima: 27,96°C (30,00°C, maior temperatura encontrada dentro os valores médios), temperatura média mínima: 19,9°C (18,78°C, menor temperatura encontrada dentro os valores médios) e umidade relativa do ar: 73,88% (69,98% menor umidade encontrada dentro os valores médios).

Foram utilizadas 600 galinhas poedeiras da linhagem Hy-line W80, entre 42 e 62 semanas de idade com peso inicial médio de $1,613 \pm 0,04$ kg/ave, totalizando 20 semanas de experimento. As aves foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos (0,40, 0,46, 0,50, 0,54 e 0,58) com 12 repetições de 10 aves cada, (Tabela 1). As aves foram alojadas em galpão convencional de postura, coberto com telhas de barro, com comedouros tipo calha e bebedouros tipo nipple, agrupadas em gaiolas de arame galvanizado com dimensões de 33 cm x 40 cm x 45 cm recebendo água e ração à vontade. O programa de luz adotado foi recomendado pelo manual de criação Hy-line

W80 – 2016, com 17 de horas luz diária durante todo período experimental. As rações fareladas a base de milho e farelo de soja foram formuladas para atender as exigências nutricionais de acordo com o manual de criação (HY-LINE W80, 2016) exceto para os aminoácidos. Os níveis de metionina foram suplementados através de uma dieta basal com deficiência de Metionina+cistina digestíveis (com redução de 0,50% ou 500 mg/ave/dia). Todas as dietas foram formuladas com base em aminoácidos digestíveis ileal, preconizadas por (AMINODAT® 5.0 2016) (Tabela 1).

Tabela 1- Composição das dietas basais experimentais por 42 a 52 semanas e por 53 a 62 semana

Ingredientes	42^a a 52^a semanas	53^a a 62^a semanas
Milho, 7,88%	668.90	675.67
Farelo de soja, 45,22%	198.57	188.74
Calcário calcítico, 37%	9.53	9.49
Óleo de soja	94.98	100.22
Fosfato bicálcico, 19%	18.74	16.72
Sal comum	3.85	3.85
L-Lisina (Biolys)®	0,159	0,159
L-Treonina	1.70	1.59
L-Triptofano (TrypAmino)®	0.18	0.11
Cloreto de colina, 60%	0.01	0.07
Premix Vitaminico ¹	0.75	0.75
Premix Minneral ²	0.70	0.70
Antioxidante ³	0.10	0.10
Inerte	2.00	2.00
Composição calculada de nutrientes		
Energia metabolizavel (kcal/kg)	2800	2800
Proteína Bruta, %	14,30	13,40
Lisina digestível, %	0,80	0,73
Metionina, digestível, %	0,20	0,19
Metionina + cistina, digestíveis, %	0,40	0,39
Treonina, digestível, %	0,56	0,51
Triptofano, digestível, %	0,17	0,15
Arginina, digestível, %	0,83	0,57
Isoleucina, digestível, %	0,62	0,52
Leucina, digestível, %	1,21	1,15
Valina, digestível, %	0,70	0,64
Cálcio, %	4,08	4,07
Fósforo disponível, %	0,50	0,44
Sódio, %	0,17	0,17
Cloro, %	0,21	0,18
Potássio, %	0,54	0,50
Ácido linoleico, %	1,89	1,64

¹ Pré-mistura de vitaminas por quilograma de ração: vitamina A: 15 000 000 UI; vitamina D3: 1.500.000 UI; vitamina E: 15 000 UI; vitamina B1: 2,0 g; vitamina B2: 4,0 g; vitamina B6: 3,0 g; vitamina B12: 0,015 g; ácido nicotínico: 25 g; ácido pantotênico: 10 g; vitamina K3: 3,0 g; ácido fólico: 1,0 g. ²Pré-mistura mínima por quilograma de alimento: Mn: 60 g; Fe: 80 g; Zn: 50 g; Cu: 10 g; Co: 2 g; I: 1 g, selênio: 250 mg. ³Quantum Blue 5000.

Fonte: Ferreira, 2021.

2.2. Variáveis Analisadas:

Na 62ª semana de idade, uma ave por parcela foi selecionada a partir do peso médio (n=8/tratamento) eutanasiadas (insensibilizadas por eletronarcose, seguido de sangria, conforme a Instrução Normativa Nº 3, de 17 de janeiro de 2000 e Portaria Nº 210, de 10 de novembro de 1998 do MAPA). Procedeu-se à coleta do 1 cm do fragmento fechado da porção média do duodeno, jejuno e íleo de cada ave (Figura 01) ,



Figura 1- Fragmento fechado da porção média

Fonte: Ferreira 2021

Os quais foram fixados por imersão em formol a 10% e posteriormente submetidos à rotina histológica para a confecção dos blocos de parafina (Figura 02) (RAMOS et al., 2011).



Figura 2 - Confecção dos blocos de parafinas

Fonte: Ferreira, 2021.

Os blocos foram seccionados em cortes semi-seriados a cinco micrômetros de espessura (8 / amostra) por meio de um micrótomo rotativo do tipo Minolta da LEICA®, EUA para a confecção de lâminas (Figura 3), coradas em 'Ácido Periódico de Schiff' (PAS). Com o auxílio de câmera acoplada em microscópio óptico Olympus BX-53 e de um programa

analisador de imagens (MOTIC IMAGE PLUS 2.0), foram capturadas quatro fotomicrografias por lâmina.



Figura 3 - Lâminas confeccionadas
Fonte: Ferreira, 2021.

Foram realizadas dezesseis mensurações de largura e altura da vilosidade intestinal e sua respectiva cripta, de cada animal, perfazendo um número amostral de 128 mensurações por tratamento (8 animais x 16 mensurações) para cada variável supracitada.

A largura de vilo (LV, μm) foi determinada a partir das extremidades de um enterócito até o lado oposto (Figura 4) , considerando a média do ápice, região medial e base.

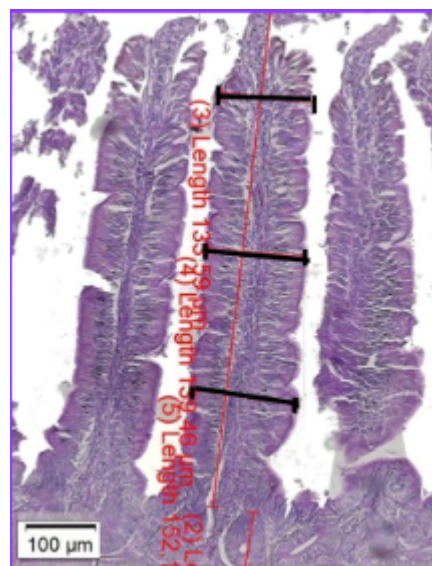


Figura 4 - Largura de Vilo
Fonte: Ferreira, 2021.

A altura de vilo (AV, μm) foi tomada a partir da região da mucosa intestinal que coincidia com a porção superior das criptas, até seu ápice (Figura 5). A profundidade de cripta

(PC, μm) foi medida considerando a distância entre a sua base até a região de transição cripta-vilosidade (Figura 6).

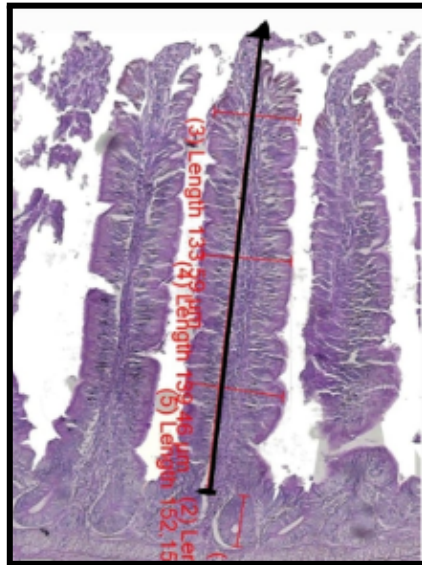


Figura 5 - Altura de Vilo
Fonte: Ferreira, 2021.

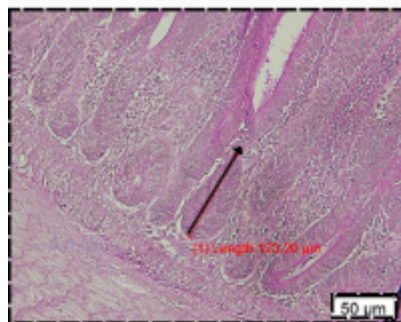


Figura 6 - Profundidade de cripta
Fonte: Ferreira, 2021.

A relação vilo:cripta (V:C) foi determinada pela relação da altura do vilo pela profundidade da cripta (Figura 7). A área de superfície de vilosidade (ASV, cm^2) foi calculada usando a fórmula: $[(2 \pi \times (\text{largura da vilosidade} / 2) \times (\text{altura da vilosidade}))]$ (Figura 8) (SAKAMOTO et al., 2000). Foi quantificado o número de células caliciformes (CC) presentes em uma área de 2000 μm lineares de epitélio intestinal (Figura 9).

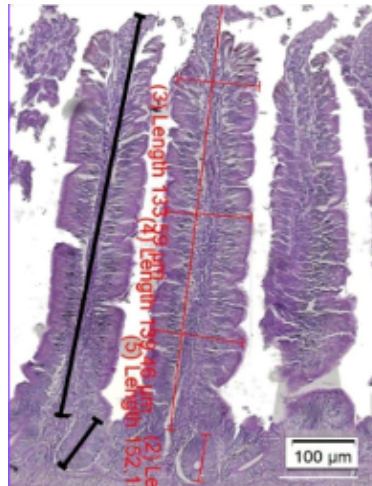


Figura 7- Relação Vilo:Cripta
Fonte: Ferreira, 2021.

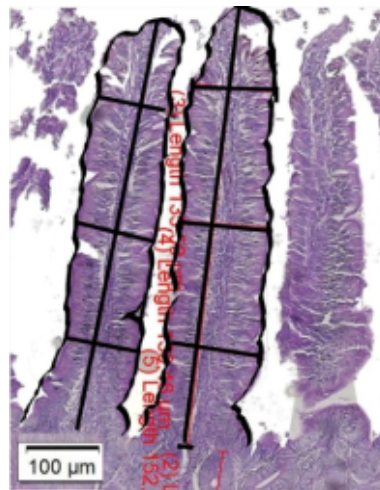


Figura 8- Área de Superfície de vilosidade
Fonte: Ferreira, 2021.

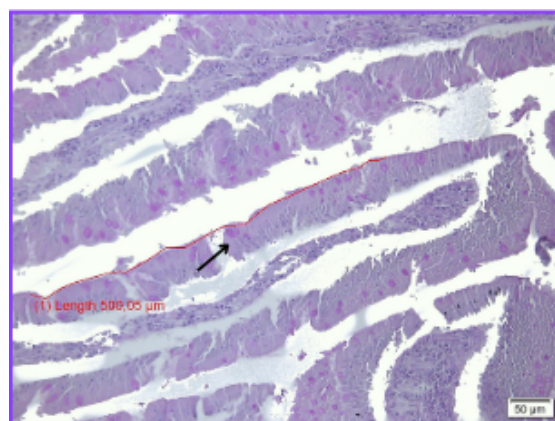


Figura 9- Contagem de células calciformes
Fontes: Ferreira, 2021.

2.3. Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância do programa SISVAR – Sistema de Análise de Variância Para Dados Balanceados versão 5.8, descrito por Ferreira (2011). Foi utilizado modelo de regressão linear e quadrática nos níveis de Metionina digestíveis.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os resultados da morfometria da mucosa intestinal do jejuno em largura de vilo (LV), altura de vilo (ALV), área de superfície de vilo (ASV), profundidade de cripta (PC), relação vilo:cripta (RV:C) e o núcleo de células caliciformes de poedeiras leves suplementadas com níveis crescente de metionina+cistina digestível.

Tabela 2 - Efeito dos níveis de metionina+cistina digestível sobre a largura do vilo (LV), altura do vilo (ALV), área de superfície de vilo (ASV), profundidade de cripta (PC), relação vilo:cripta (RV:C), e o número de células caliciformes (CC) do jejuno de poedeiras

Níveis (%) Metionina+cistina	Variáveis					
	LV (μm)	ALV (μm)	ASV (cm)	PC (μm)	RV:C (μm)	CC
0,40	140,83	811,07	0,359	104,70	7,77	118,37
0,46	149,47	844,54	0,393	106,21	7,97	167,81
0,50	148,98	979,57	0,460	116,21	8,45	166,37
0,54	155,71	977,96	0,487	119,50	8,43	148,50
0,58	158,65	913,49	0,451	104,08	8,88	149,50
<i>P-Value</i> ¹	0,3400	0,0001	0,0009	0,0094	0,1188	<,0001
Linear ²	0,046	0,000	0,000	0,285	0,010	0,018
Quadrática ²	0,861	0,002	0,028	0,005	0,998	0,000
C.V %	11,90	8,49	13,63	9,12	10,49	10,22

¹ Teste de F da anova a 0,05% de probabilidade. 2

Fonte: Autora, 2025

Houve efeito significativo para as variáveis de ALV, ASV, PC e CC ($P < 0,05\%$). A altura da vilosidade apresentou efeito quadrático de regressão (figura 1), como pode-se observar, os níveis intermediários de metionina promoveram maior altura de vilo. De acordo com a derivação da equação, o nível de 0,53% de metionina + cistina digestível obteve o ponto ótimo de crescimento. O bom desempenho das aves depende da obtenção adequada dos nutrientes. Entretanto, para que isso aconteça, o sistema digestório deve apresentar

características estruturais que permitam a ingestão e passagem do quimo alimentar pelo trato digestório. Os processos de absorção são totalmente dependentes dos mecanismos que ocorrem na mucosa do intestino. Dessa forma, a integridade das células que compõe a mucosa intestinal é de fundamental importância para absorção dos nutrientes (MACARI & FURLAN, 2005). Diante disso, sabe-se que o uso de metionina em dietas de aves leva a mudanças na morfologia intestinal por meio de estímulo da proliferação celular e manutenção da integridade da mucosa (TIMONS et al., 2014).

Com base nos resultados deste estudo, a inclusão de metionina digestíveis em até 0,54% casou um aumento na altura da vilosidade. Esse efeito sugere que o aumento das vilosidades está correlacionado com a melhora da histomorfometria intestinal e pode aumentar o desempenho da ave ao melhorar a absorção de nutrientes. Essa melhora nos parâmetros avaliados, tenha acontecido devido a ação da metionina no organismo, através do efeito antioxidante que age na proteção das células, mantendo a sua integridade. Bem como pelo estímulo da divisão celular do epitélio intestinal, pela ação da poliaminas, precursora da metionina. Essas ações possam ter promovido um maior desenvolvimento de vilosidade (BAUCHART-THEVRET; STOLL; BURRIN, 2009).

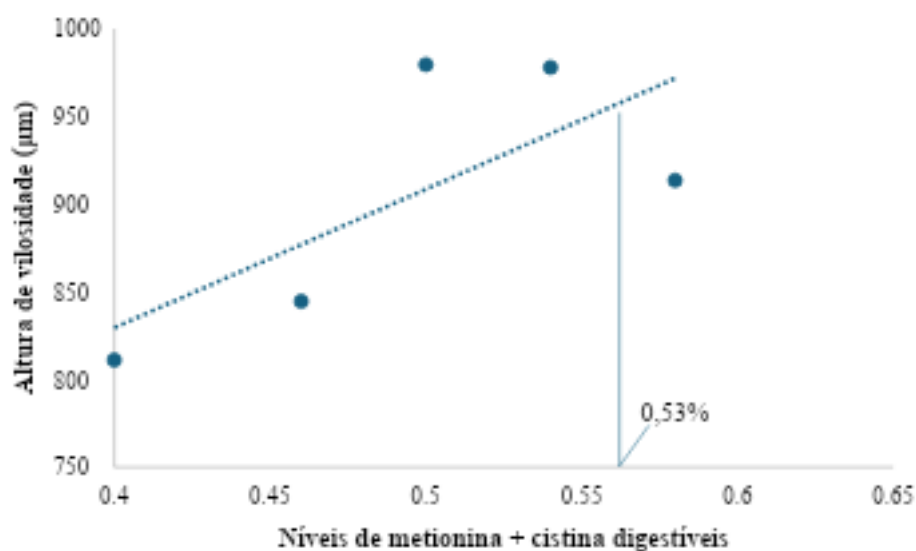


Figure 1- Efeito dos níveis de metionina digestível sobre a altura de vilosidade do jejuno. Fonte: Autora, 2025

Uma parte do estado funcional do intestino delgado é definida pela altura das vilosidades e pela profundidade de cripta. As vilosidades e criptas do epitélio absorativo

desempenha um papel importante no estágio final da digestão e assimilação de nutrientes. Dessa forma, alterações na morfologia do intestino, e em principal do jejuno por ser o maior segmento do intestino delgado (apresenta maior taxa de digestão e absorção), podem afetar a metabolização e do desempenho dos nutrientes. O aumento da altura das vilosidades pode afetar o crescimento na área absorviva total das vilosidades luminais e leva uma ação enzimática digestiva satisfatória e maior transporte de nutrientes na superfície das vilosidades (SWATSON et al., 2002; LAUDADIO et al., 2012).

Também foi observado o mesmo comportamento na área de superfície de vilo (figura 2). Para essa variável, o nível de inclusão de 0,56% apresentou maior área de superfície de vilo do que os demais níveis.

O crescimento satisfatório da inclusão de 0,56% de metionina + cistina digestível pode ser justificada que, independentemente da limitação do crescimento da altura da vilosidade em níveis máximos. Esse resultado possa ter ocorrido devido a correlação que a área de superfície tem com a largura do vilo. Haja vista que mesmo não tendo ocorrido efeito significativo sobre largura de vilo, ao observar o comportamento dos dados, foi visto aumento do tamanho da largura do vilo, sendo assim, devido a sua correlação direta, possa ter influenciado a uma maior área de superfície de vilo em um nível maior do que foi visto para a altura de vilo.

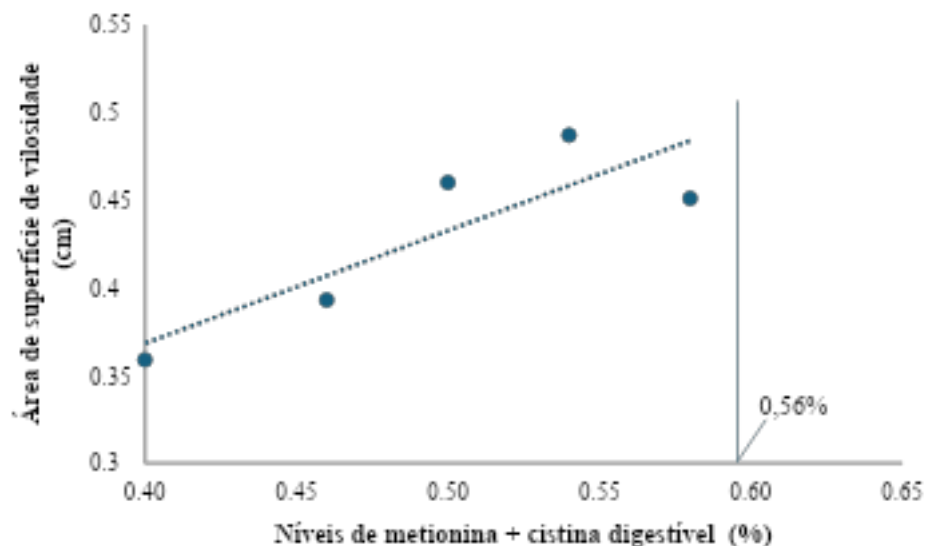


Figure 2 - Efeito dos níveis de metionina digestível sobre a área de superfície de vilosidade do jejuno. Fonte: Autora, 2025

Gomes (2016) também verificou que o uso de metionina melhora a eficiência alimentar de codornas, e que de maneira indireta o aumento de superfície e largura proporcionam uma maior área de contato e consequentemente maior absorção dos alimentos.

Tanto a profundidade de cripta, quanto o número de células caliciformes (figura 3 e 4) a inclusão de 0,50% de metionina + cistina digestível, pela derivação das equações de regressão, promoveu melhor profundidade de cripta e maior número de células caliciformes. As criptas intestinais estão relacionadas com a saúde intestinal do animal, estas representam o principal sítio de proliferação celular do intestino, já que suas células troncos constituintes são capazes de se dividir e se diferenciar, nos distintos tipos celulares que constituem os vilos intestinais (EURELL & FRAPPIER, 2012). Esta permite a renovação ativa do epitélio intestinal e a manutenção da função normal do intestino (PELICANO et al., 2007). Dessa forma, pode-se inferir que quanto maior a profundidade da cripta, maior será a regeneração das vilosidades devido a possíveis lesões (mecânicos e/ou outros mecanismos patogênicos) ocorridas, ou devido ao crescimento das vilosidades relacionado ao crescimento do animal (ARAÚJO et al., 2006). Assim, o aumento da profundidade de cripta pode indicar aumento na altura de vilosidade quando um agente trófico é apresentado, pois é exatamente nessa região que são produzidas as células que irão migrar para garantir a manutenção e/ou aumento da vilosidade.

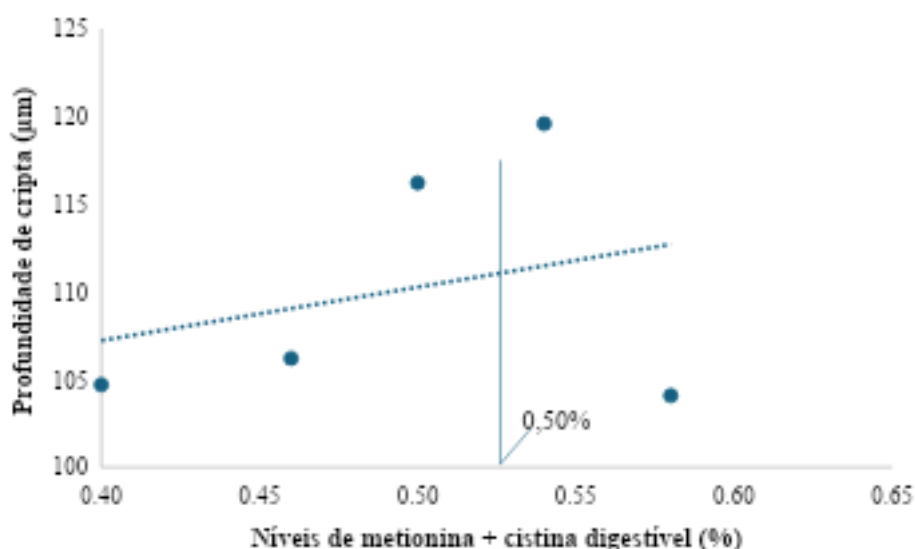


Figure 3 - Efeito dos níveis de metionina digestível sobre a profundidade de cripta do jejuno. Fonte: Autora, 2025

O nível de 0,50% da metionina+cistina digestível foi responsável por apresentar o maior número de células caliciformes. As células caliciformes desempenham um papel muito importante no sistema digestivo dos animais. A sua principal função é a produção de glicoproteínas altamente glicosilada do tipo mucina que formam o muco, cuja função é proteger o epitélio intestinal (JUNQUEIRA & CARNEIRO, 2017). A camada de muco que formada, recobre a superfície do epitélio e fornece uma importante linha de defesa contra danos físicos e químicos causados pelo ácido clorídrico advindo do estômago, pela presença de bactérias, fungos, vírus e protozoários que podem entrar no intestino, que acontece no processo de passagem do alimento pelo trato digestível (KIM & HO, 2010).

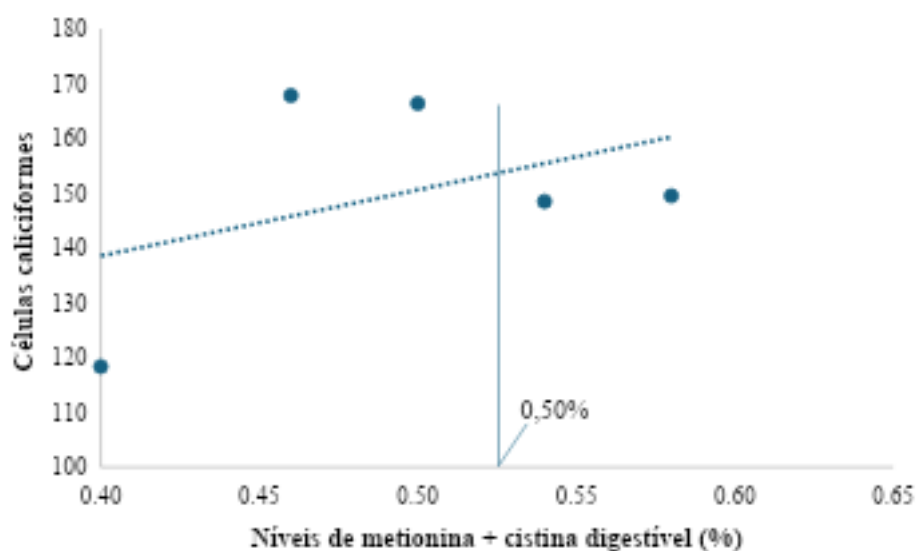


Figure 4 - Efeito dos níveis de metionina+cistina digestível sobre número de células caliciformes do jejuno.
Fonte: Autora, 2025

Houve efeito de regressão linear ascendente sobre a relação vilo:cripta à medida que se elevou a inclusão dos níveis de metionina digestível (Figura 4). A relação vilo:cripta está diretamente relacionada com uma melhoria econômica de energia com a renovação celular e melhor absorção. As mensurações da relação mostram que a capacidade de funcionamento dos enterócitos é positiva, sugerindo assim uma boa eficiência digestiva nas aves. (ARRUDA, 2008).

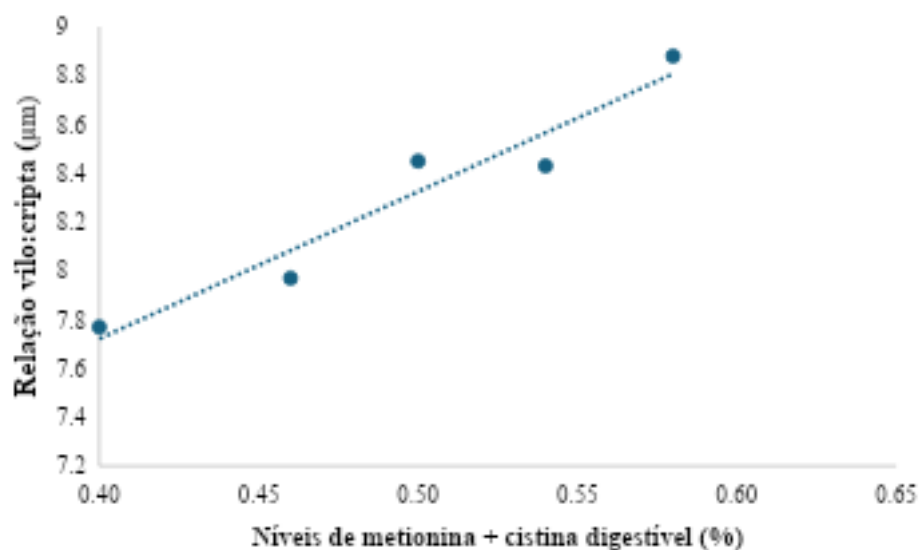


Figure 5 - Efeito dos níveis de metionina digestível sobre a relação vilosidade:cripta do jejuno. Fonte: Autora, 2025

Foi observado nas variáveis de altura de vilosidade, área de superfície de vilosidade, profundidade de cripta e número de células caliciformes que o maior nível de inclusão de metionina+cistina digestível (0,58%) não foi benéfico para a integridade da mucosa intestinal do jejuno. Houve redução desses parâmetros, e isso possa estar associada ao excesso da carga do aminoácido absorvido, o que pode ter causado desbalanceamento dos demais aminoácidos, podendo afetar a resposta do animal (SAKOMURA et al., 2014).

Esse desequilíbrio aminoacídico em aves provocado tanto pelo excesso quanto pela deficiência, causa efeitos negativos sobre a taxa de crescimento dos animais. Além disso, pode acumular gordura no fígado, aumento no catabolismo de aminoácido limitante e, alguns casos levar à deficiência de vitaminas (YOSHIDA, 1980). Como na presente pesquisa foi usada a metodologia em dose-resposta, níveis de metionina foram adicionados acima da exigência nutricional das aves, sendo assim, o efeito deletério presente no nível de maior inclusão de metionina possa estar associado ao efeito do excesso e assim houve a redução dos parâmetros intestinais pela desordem metabólica.

4. CONCLUSÃO

A inclusão de até 0,56% de metionina+cistina digestível em dietas de poedeiras leves melhora a estrutura do jejuno, favorecendo vilosidades, criptas e células caliciformes, mantendo a integridade da mucosa intestinal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPA - **Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório anual 2024**. Disponível em: (https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2024/04/ABPA-Relatorio-Anual-2024_capa_frango.pdf). Acesso em: 25 de mar. 2025.

AMINODAT® 5.0. **Animal nutritionist's information edge**. Essen: Evonik Nutrition and Care GmbH; 2016. Disponível em: (https://www.academia.edu/38777571/AMINODat_5_0_The_animal_nutritionists_information_edge). Acesso em 10 mar. 2025.

ARAÚJO, L. F.; JUNQUEIRA, O. M.; LOPES, E. L.; DA SILVA ARAÚJO, C. S.; ORTOLAN, J. H.; E LAURENTIZ, A. C. Utilização de levedura desidratada (*Saccharomyces cerevisiae*) para leitões na fase inicial. **Ciencia Rural**, v. 36, n. 5, p. 1576–1581, 2006. Doi:10.1590/S0103-84782006000500037

ARRUDA, ALEX MARTINS VARELA et al. Avaliação morfo-histológica da mucosa intestinal de coelhos alimentados com diferentes níveis e fontes de fibra. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 2, p. 1-11, 2008. Disponível em: (<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237117611001>). Acesso em 22 de mar.

BACHA JR W.J. & BACHA L.M. **Atlas Colorido de Histologia Veterinária**. 2ª ed., São Paulo : Editora Roca; 2003.

BAUCHART-THEVRET, C.; STOLL, B.; BURRIN, D. G. Intestinal metabolism of sulfur amino acids. **Nutrition Research Reviews, Cambridge**, v. 22, n. 2, p. 175-187, 2009. Disponível em: (<https://www.cambridge.org/core/journals/nutrition-research-reviews/article/intestinal-metabolism-of-sulfur-amino-acids/1E3C2B70FB5D5D6FDDFFC816153869D6>). Acesso em 15 mar. 2025. Doi: 10.1017/S0954422409990138

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2012

BRUMANO, G. Fatores que influenciam as exigências de metionina+cistina para aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 5, n. 6, p.749-761, 2008. Disponível em: (<https://nutritime.com.br/wp-content/uploads/2020/02/Artigo-073.pdf>). Acesso em 15 mar. 2025.

BUNCHASAK C. Role of dietary methionine in poultry production. **The Journal Poultry Science**. v. 46, n. 3, p.169-179, 2009. Disponível em: (https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpsa/46/3/46_3_169/_article). Acesso em 16 mar. 2025. Doi: 10.2141/jpsa.46.169.

CORZO, A.; KIDD, M.; DOZIER, W.; SHACK, L.; BURGESS, S. Protein expression of pectoralis major muscle in chickens in response to dietary methionine status. **British Journal Nutrition**. v. 95, p. 703-708, 2006. Disponível em: (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16571149/>). Acesso em 14 mar. 2025. Doi: 10.1079/bjn20051716

EURELL, J. A. E.; FRAPPIER, B. L. **Histologia veterinária de Dellmann**. 6ª ed. Manole, São Paulo. 2012.

FANATICO, A, C. **Organic poultry production: providing adequate methionine**. ATTRANational Sustainable Agriculture Information Service 2010. Disponível em: (<https://attra.ncat.org/publication/organic-poultry-production-providing-adequate-methionine/>). Acesso em 14 mar. 2025.

FERREIRA, T. S. Bioeficácia de fontes de metionina para poedeiras leves na fase de produção. 2021. 96 f. **Tese** (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba, 2021. Disponível em:

(https://sucupira-legado.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=11015461). Acesso em 16 mar. 2025

FIGUEIREDO JÚNIOR, J. P.; COSTA, F. G. P.; NASCIMENTO, G. A. J.; SANTANA, M. H. M. Aspectos sobre a utilização de aminoácidos totais e digestíveis nas rações para poedeiras. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.13, n.3, p.186-197, jul./set., 2014. Disponível em:

(<https://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/7456>). Acesso em 15 mar. 2025. Doi: 10.18188/sap.v13i3.7456

GOMES, S.R.; Angeles, M.L., Requirement of Digestible Sulfur Amino Acids in Laying. **Brazilian Journal Of Poultry Science**, v. 18, n. 2, p.231-238, jun. 2016. Disponível em:

(<https://www.scielo.br/j/rbca/a/GLvgmx9nQ3PCOYMKFCP5cvm/?lang=ena>). Acesso em 15 mar. 2025. Doi: <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2015-0011>

HY-LINE W-80. **Management Guide. Aviary and Barn Systems**. North America edition. 2016.

Disponível em: (https://hylinena.com/wp-content/uploads/2019/10/80_Alt_ENG.pdf). Acesso em 15 mar. 2025.

JORDÃO FILHO, J.; SILVA, J. U. V.; SILVA, E. L.; RIBEIRO, M. L. G.; MARTINS, T. D. D.; RABELO, C. B-V. Exigências nutricionais de metionina+ cistina para poedeiras semipesadas do início de produção até o pico de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 1063-1069, 2006.

Disponível em: (<https://www.scielo.br/j/rbz/a/wBH4MYRMGFKTnkgf4yyXjgr/abstract/?lang=pt>). Acesso em 20 mar. 2025. Doi:10.1590/S1516-35982006000400017

JUNQUEIRA, L. C. E.; CARNEIRO, J. **Histologia básica: texto e atlas**. 13ª ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2017.

KIM, Y. S. E.; HO, S. B. Intestinal goblet cells and mucins in health and disease: recent insights and progress. **Current gastroenterology reports**, v. 12, p. 319-330, 2010.

DOI:10.1007/s11894-010-0131-2

LAUDADIO, V.; PASSANTINO, L.; PERILLO, A.; LOPRESTI, G.; PASSANTINO, A.; KHAN, R. U.; TUFARELI, V. Productive performance and histological features of intestinal mucosa of broiler chickens fed different dietary protein levels. **Poultry Science**, v. 91, n. 1, p. 265–270, 2012.

Disponível em: (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119401831>). Acesso em 15 mar. 2025. Doi:10.3382/ps.2011-01675.

MACARI, M.; FURLAN, R.L. Probióticos. In: **CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS**, 2005, Santos. Anais... Campinas: Facta, p.53-71. 2005.

MAIORKA, A.; SANTIN, E.; FISCHER, A. V. Da. S.; BRUNO, L. D. G.; BOLELI, I. C.; MACARI, M. Desenvolvimento do trato gastrointestinal de embriões oriundos de matrizes pesadas de 30 e 60 semanas de idade., **Brazilian Journal Poultry Science**. v. 2, n. 2. 2000. Disponível em:

(<https://www.scielo.br/j/rbca/a/9NcPzMPGTcrJ5g4Y35yGLRS/>). Acesso em 15 mar. 2025. Doi:10.1590/S1516-635X2000000200003

PELICANO, E. R. L.; SOUZA, P. A.; SOUZA, H. B. A.; FIGUEIREDO, D. F.; AMARAL, C. M. C. Morphometry and Ultra-structure of the Intestinal Mucosa of Broilers Fed Different Additives.

Brazilian Journal of Poultry Science, v. 9, n. 3, p. 173-180, 2007. Disponível em:

(<https://pdfs.semanticscholar.org/1e17/88644782139139f69e56852e5a9b035d481d.pdf>). Acesso em 20 mar. 2025.

RAMOS, L. S. N.; LOPES, J. B.; SILVA, S. M. M. S.; SILVA, F. E. S.; RIBEIRO, M. N. Desempenho e histomorfometria intestinal de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade recebendo melhoradores de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Piauí, v. 40, n. 8, p. 1738-1744, 2011. Disponível em: (<https://www.scielo.br/j/rbz/a/945NjcfdpMmjw9hMX8nx5J/>). Acesso em 15 mar. 2025. Doi: 10.1590/S1516-35982011000800017

SAKAMOTO, K.; HIROSE, H.; ONIZUKA, A.; HAYASHI, M.; FUTAMURA, N.; KAWAMURA, Y.; EZAKI, T. Quantitative Study of Changes in Intestinal Morphology and Mucus Gel on Total Parenteral Nutrition in Rats. **Journal of Surgical Research**. Tokyo, v. 94, n. 2, p. 99–106, 2000. Disponível em: (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022480400959377>). Acesso em 16 mar. 2025. Doi:10.1006/jsre.2000.5937

SAKOMURA, N. K.; SILVA, J. H.; COSTA, F. G. P.; FERNANDES, J. B. K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de Não Ruminantes**. 1º ed, Funepe, Jaboticabal, São Paulo, 2014.

SWATSON, H.; GOUS, R.; IJI, P.; ZARRINKALAM. Effect of dietary protein level, amino acid balance and feeding level on growth, gastrointestinal tract, and mucosal structure of the small intestine in broiler chickens. **Animal Research**. v. 51, n. 6, p.501–515, 2002. Disponível em: (<https://animres.edpsciences.org/articles/animres/abs/2002/06/06/06.html>). Acesso em 16 mar. 2025. Doi:10.1051/animres:2002038.

TIMMONS J., CHANG E. T., WANG J. Y, RAO J. N. Polymines and gut mucosal homeostasis. **Journal Gastroenterology & Digestive Systems**, v. 2, n. 7, p. 1-29. 2013. Disponível em: (<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4165078/pdf/nihms-358717.pdf>). Acesso em 16 mar. 2025.

WILLIAMS, K. T.; SCHALINSKE, K. L. New Insights into the Regulation of Methyl Group and Homocysteine Metabolism. **The Journal of Nutrition**. Iowa, v. 137, n. 2, p. 311–314. 2007. Disponível em: (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022316622090551>). Acesso em 15 mar. 2025. Doi: 10.1093/jn/137.2.311

YOSHIDA, A. Utilization of limiting amino acids for protein synthesis in amino acid imbalance. **Nutrition Reports International**, v. 9, n. 3, p. 13-15, 1980. Disponível em: (https://www.jstage.jst.go.jp/article/jnsv1973/26/5/26_5_461/pdf). Acesso em 20 mar. 2025.