

Universidade Federal de Minas Gerais

**METIONINA+CISTINA DIGESTÍVEL NA DIETA DE POEDEIRAS COMERCIAIS E
SUA INFLUÊNCIA SOBRE O DESEMPENHO, QUALIDADE E PERFIL
AMINOÁCIDICO DOS OVOS E AVALIAÇÃO ECONÔMICA**

Thiago Soares Martins Carvalho

Belo Horizonte

2017

Thiago Soares Martins Carvalho

Metionina+cistina digestível na dieta de poedeiras comerciais e sua influência sobre o desempenho, qualidade e perfil aminoácido dos ovos e avaliação econômica

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Produção de não-ruminantes

Prof. Orientador: Dr. Leonardo José Camargos Lara

Belo Horizonte

2017

Dedicatória aos meus pais, Luiza e Benício, pelos ensinamentos, apoio e dedicação.

Agradecimentos

Aos meus pais Benício e Luiza, pelo grande incentivo.

À minha irmã Natália.

À Nísia, pela paciência.

Ao meu Orientador, Professor Leonardo Lara, pela oportunidade de trabalho, pelos conselhos, ensinamentos, exemplos, disponibilidade, conhecimento e amizade.

Ao Professor Baião, pela oportunidade de trabalho, pelos ensinamentos e conselhos.

Aos colegas da empresa Evonik, pelas análises. Raquel, Ney e Juliana, pela ajuda com as análises dos aminoácidos.

Ao professor Tadeu, pela disponibilidade.

Aos meus amigos da Avicultura, Lorena, Flávia, Mari, Diego, Fernanda, Marcela, Erica, Paula, Larissa, Maria Fernanda, Anna, Winnie, Ed, Renata, Cátia, Leonardo, Tainá, Juliana, Bruno, André e Letícia pela paciência, ajuda e companheirismo.

Aos funcionários da Fazenda Experimental Hélio Barbosa: Fabiana, Isabel, Leia, Eduardo, Carlinhos, Carol, Marciano, Luiz e Ubiratan.

Ao Serguey do MAPA pela ajuda com a documentação para envio das amostras.

À Escola de Veterinária da UFMG, pela estrutura e apoio.

A todos aqueles que de maneira direta ou indireta contribuíram para a realização desse trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	09
1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REVISÃO DE LITERATURA	
2.1. Aminoácidos, aminoácidos sulfurados e hidróxi-análogos.....	11
2.2. Produtos comerciais fontes de metionina.....	14
2.3. Metabolização da metionina e seus análogos.....	15
2.4. Deficiência e excesso de metionina+cistina na ração.....	17
2.5. Níveis de aminoácidos sulfurados para poedeiras no pico de produção	19
2.6. Recomendações de níveis de aminoácidos sulfurados para poedeiras, segundo os manuais das linhagens.....	21
3. OBJETIVOS	
3.1. Objetivos gerais.....	22
3.2. Objetivos específicos.....	22
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23
5. METIONINA+CISTINA DIGESTÍVEL NA DIETA DE POEDEIRAS COMERCIAIS E SUA INFLUÊNCIA SOBRE O DESEMPENHO, QUALIDADE E PERFIL AMINOÁCIDICO DOS OVOS E AVALIAÇÃO ECONÔMICA.....	28
6. APÊNDICE 1	49
7. APÊNDICE 2	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição e níveis nutricionais das dietas experimentais.....	43
Tabela 2: Desempenho de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de Met+Cis da 20 ^a a 50 ^a semana de idade.....	45
Tabela 3: Qualidade de ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de Met+Cis.....	46
Tabela 4: Perfil de aminoácidos dos ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de Met+Cis.....	47
Tabela 5: Avaliação econômica de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de Met+Cis.....	48

RESUMO

Os objetivos desse trabalho foram medir os efeitos de quatro níveis de met+cis digestível na dieta de poedeiras comerciais sob o desempenho produtivo, a qualidade e o perfil aminoácido dos ovos e a viabilidade econômica. Um total de 576 poedeiras brancas Lohmann LSL-Lite com 19 semanas de idade foram pesadas e aleatoriamente distribuídas em seis repetições de 24 aves de cada dieta experimental. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, com quatro tratamentos definidos pelos níveis de met+cis digestíveis calculados da ração. As dietas experimentais foram formuladas para conter 0.515, 0.574, 0.639 e 0.698% de met+cis digestível (0.465, 0.540, 0.581 e 0.647% de met+cis digestíveis níveis analisados, respectivamente). O desempenho produtivo foi medido por 30 semanas. A qualidade de ovos (34 e 50 semanas de idade) e o perfil de aminoácidos dos ovos (43 semanas de idade) foram avaliados pontualmente. Durante o período experimental, foi observada resposta linear positiva com o aumento dos níveis de met+cis para consumo de ração, número de ovos/ave alojada e consumo de met+cis digestível. A produção de ovos, peso do ovo, massa de ovos, eficiência alimentar e ganho de peso tiveram seus valores ótimos determinados pelo modelo de regressão quadrática em: 0.638, 0.654, 0.647, 0.644 e 0.613% met+cis digestível, respectivamente. Com 34 semanas, a espessura de casca reduziu linearmente com o aumento dos níveis de met+cis e a unidades Haugh teve resposta quadrática, com nível ótimo encontrado de 0.546% met+cis. Na 50ª semana, os níveis ótimos encontrados para espessura de casca e porcentagem de casca foram: 0.571 e 0.570% de met+cis digestíveis, respectivamente. Os percentuais de proteína, aminoácidos de cadeia ramificada (leucina, isoleucina e valina), de histidina e de prolina dos ovos (albúmen+gema) responderam linear e negativamente em função da elevação dos níveis de met+cis. A viabilidade econômica variou em função do preço da metionina e dos níveis de met+cis utilizados. Portanto, enquanto níveis mais altos de met+cis digestível (>0.630%) favorecem o bom desempenho das aves, níveis reduzidos de met+cis, próximo de 0.570%, melhoram qualidade de casca dos ovos das poedeiras no pico de produção. Os efeitos dos níveis de met+cis sob perfil de aminoácidos dos ovos precisam ser melhor estudados. A medida que os preços de metionina do mercado sofrerem alterações, diferentes níveis de met+cis devem ser utilizados com o objetivo de atingir melhor eficiência econômica da atividade.

Palavras-chave: aminoácidos sulfurados, metionina, perfil de aminoácidos

ABSTRACT

The objectives of this study were to evaluate the effects of four levels of digestible met + cis on commercial laying hens diet on productive performance, quality and egg amino acid profile and economic viability. A total of 576 Lohmann LSL-Lite laying hens, 19 weeks old, were weighed and randomly distributed into six replicates of 24 birds for each experimental diet. The experimental design was completely randomized, with four treatments defined by the levels of digestible met + cis of the feed. Experimental diets were formulated to contain 0.515, 0.574, 0.639 and 0.698% digestible met + cis (0.465, 0.540, 0.581 and 0.647% analyzed digestible met + cis, respectively). Productive performance was measured for 30 weeks. Egg quality (34 and 50 weeks of age) and amino acid profile of eggs (43 weeks of age) were evaluated in fixed periods. Throughout the experiment, a positive linear response as the levels of met + cis increased was observed on feed intake, number of eggs / bird housed and consumption of digestible met + cis. The met+cis requirements for egg production, egg weight, egg mass, feed efficiency and weight gain were 0.638, 0.654, 0.647, 0.644 and 0.613% met + cis digestible, respectively, on the basis of a quadratic regression model. At 34 weeks, egg shell thickness linearly reduced as met + cis levels increased and Haugh units had a quadratic response, in which the optimal level found was 0.546% met + cis. At 50 weeks of age, the requirement of digestible met+cis for egg shell thickness and egg percentage were 0.571 and 0.570%, respectively. Increasing dietary met+cis content, percentages of protein, branched chain amino acids (leucine, isoleucine and valine), histidine and proline of the egg (albumen + yolk) linearly decreased. The economic viability varied due to the price of methionine and the levels of met + cis used. Therefore, while higher levels of digestible meth + cis (> 0.630%) favor the good performance of the birds, reduced levels of met + cis, close to 0.570%, improve eggshell quality of laying hens at peak production. The effects of the meth + cis levels on amino acid profile of the eggs need to be better studied. As methionine prices in the market changes, different met+cis levels should be used aiming to achieve better economic efficiency of the egg production system.

Key-words: sulphur amino acids, methionine, amino acid profile

1. INTRODUÇÃO

Metionina é o primeiro aminoácido limitante na alimentação das aves, em função de sua limitada concentração nos vegetais proteicos e pela alta exigência das aves (Bunchasak, 2009). Segundo Willke (2014), a maior concentração de metionina pode ser encontrada na albumina do ovo, aproximadamente 5%. Além disso, a cistina está presente em altas concentrações nas mucinas e penas. De acordo com Rostagno et al. (2011), o conteúdo de cistina da farinha de penas varia entre 3.0 e 3.5%, enquanto os valores de metionina vão de 0.66 a 0.68%. Portanto, a alta concentração de cistina na pena e a alta porcentagem de metionina na albumina dos ovos, poderiam explicar a alta exigência de metionina das aves.

Quando um aminoácido essencial é deficiente, o excesso dos outros aminoácidos será degradado e excretado como N, resultando em desperdício de energia do metabolismo animal para tal excreção e contribuindo para poluição ambiental. Aminoácidos cristalinos, como a metionina sintética, podem ser usados eficientemente em dietas animais para equilibrar os aminoácidos e assegurar o uso eficiente dos aminoácidos que estariam em excesso (Narváez-Solarte et al., 2005). Além disso, a suplementação da metionina permite a redução do teor de proteína bruta na dieta das aves, reduzindo o aporte de N dietético e sua eliminação nas excretas.

Os níveis de metionina da dieta afetam diretamente a taxa diária de produção de ovos, o peso dos ovos, a eficiência alimentar e a qualidade dos ovos (Shafer et al., 1996, Sohail et al., 2002, Novack et al., 2004, Narváez-Solarte et al., 2005 e Novack et al., 2006). Portanto, é coerente assumir que os níveis de aminoácidos sulfurados da dieta impactam diretamente na viabilidade econômica da atividade. Ahmad e Roland (2003) e Algawany and Mahrose (2014) observaram influência dos níveis de met+cis na dieta de poedeiras comerciais sob a eficiência econômica da atividade. Recentemente, flutuações significativas a nível mundial no preço de comercialização da metionina têm sido observadas, gerando insegurança e receio por parte dos produtores de ovos.

O ovo é um alimento de extrema importância como fonte de nutrientes na dieta de humanos, uma das razões seria o alto valor biológico da proteína do ovo. Alterações causadas na composição de aminoácidos dos ovos, principalmente quando essas alterações são observadas em aminoácidos essenciais para o organismo humano, são descobertas fundamentais para a nutrição humana. Dessa forma, alterações no perfil nutricional dos ovos de galinhas em função da dieta deveriam ser estudadas amplamente. Porém, apesar dos trabalhos de pesquisa avaliando o efeito de diferentes níveis nutricionais sob o desempenho das

aves, pouca informação existe sobre a influência da dieta e, mais especificamente, da concentração de met+cis na dieta, sob a valorização nutricional e o perfil de aminoácidos dos ovos de poedeiras comerciais.

As recomendações de aminoácidos sulfurados para poedeiras comerciais no pico de produção variam bastante entre o NRC, artigos publicados e manuais de linhagem, dificultando o trabalho dos nutricionistas. No entanto é de extrema importância saber a real exigência dos aminoácidos sulfurados, pois ao fornecer uma dieta com os níveis de aminoácidos sulfurados que atendam às exigências das poedeiras será garantido o melhor desempenho zootécnico, maior viabilidade econômica do negócio e evitará o desperdício de aminoácidos, reduzindo os impactos negativos causados por elevadas taxas de excreção de nitrogênio no ambiente. Além desses aspectos, os efeitos que os níveis de metionina na dieta das galinhas têm sob o perfil de aminoácidos dos ovos e consequente impactos em sua valorização nutricional e uso para nutrição humana, precisam ser melhor estudados. Entretanto, apesar do relevante papel do ovo na alimentação humana, a escassez de artigos científicos avaliando a influência da nutrição das aves na composição nutricional do ovo é uma realidade.

Portanto, os objetivos desse trabalho foram medir o desempenho, a qualidade de ovos, o perfil aminoácido dos ovos e os efeitos econômicos de diferentes níveis de aminoácidos sulfurados na dieta de poedeiras comerciais no pico de produção.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aminoácidos, aminoácidos sulfurados e hidróxi-análogos

Os aminoácidos são unidades formadoras das proteínas, os quais são constituídos obrigatoriamente por um carbono ligado a um grupamento carboxílico (-COOH), um grupamento amino (-NH₂), um íon hidrogênio e um radical (R). Esse último, o grupamento R, será responsável por determinar características quimicamente específicas e individuais de cada aminoácido (Da Silva et al., 2014). O grupamento R dos aminoácidos metionina e cistina contém enxofre, o que confere a classificação desses aminoácidos como sulfurados (Lewis, 2003).

O carbono central dos aminoácidos é assimétrico possuindo quatro grupos distintos ligados a ele, também chamado centro quiral. O centro quiral confere atividade óptica aos aminoácidos e formação de isômeros ópticos. Em que isômeros destrógiros (D-aminoácidos)

e levógiros (L-aminoácidos) desviam o feixe de luz polarizada para direita e esquerda, respectivamente (Esteves e Costa, 2014).

O hidróxi-análogo da metionina (MHA) possui estrutura molecular muito semelhante a metionina, no entanto o grupamento amino (NH_2) ligado ao carbono quiral é substituído por um grupamento hidroxila (OH) e, como resultado, o análogo não pode ser classificado como aminoácido, mas como ácido orgânico precursor de metionina (Dibner, 2003).

Apenas os aminoácidos na forma L são aproveitados na síntese proteica e todos os aminoácidos presentes nas proteínas corporais são depositados nessa configuração. Porém a forma D de alguns aminoácidos pode ser aproveitada pelas aves. Para que isso ocorra é necessário a conversão dos isômeros D para a forma L nos tecidos em presença de enzimas específicas. A ausência de transaminases específicas para conversão de D-lisina e D-treonina explica a ineficácia desses isômeros em aves (Da Silva et al., 2014).

O isômero D-metionina possui alta atividade em aves, acima de 90% de eficácia para pintos. Porém, para o aproveitamento dessa forma são necessárias duas reações. Primeiramente é preciso ocorrer a desaminação oxidativa e posteriormente a transaminação do cetoácido para formar a L-metionina (Martin-Venegas et al., 2006a). Baker (2006) relatou que a utilização do isômero D-metionina é próxima de 100% pelos animais. Dilger e Baker (2007) encontraram eficácia de 100% da DL-metionina em relação a L-metionina para aves. Portanto, os estudos demonstram que as aves são eficientes em utilizar os isômeros D, presentes na metionina sintética.

Para formarem as proteínas os aminoácidos se unem covalentemente por ligações peptídicas, em que o grupo amino de um aminoácido se liga ao grupo carboxila do outro. Existem mais de 200 tipos de aminoácidos na natureza, porém somente 20 deles são classificados como proteicos (Da Silva et al., 2014).

Os tecidos vegetais são capazes de sintetizar todos os aminoácidos necessários para a planta, enquanto os animais produzem somente entre 10 a 12 aminoácidos, portanto a alimentação deve fornecer os demais aminoácidos. Os aminoácidos que não são sintetizados ou são sintetizados em quantidades insuficientes são chamados de aminoácidos essenciais. A metionina é um aminoácido essencial para todas as espécies de animais superiores. A cisteína pode ser sintetizada a partir da metionina, sendo classificada como aminoácido não essencial (Da Silva et al., 2014). Para a formação da cisteína é preciso que ocorra uma reação de metilação com formação da homocisteína e posterior transulfuração, que é a transferência do enxofre da metionina para a serina. Em base molar a metionina é 100% eficiente como precursora de cisteína (Baker, 2006).

Segundo Lewis (2003), a cisteína possui baixa estabilidade podendo ser facilmente oxidada em cistina, um dímero de cisteína. Por esse motivo os valores de exigência para aminoácidos sulfurados são normalmente representados por metionina + cistina. Portanto, o valor de cisteína é sempre o dobro do valor de cistina nos ingredientes alimentares e rações.

A cistina ou cisteína da dieta podem reduzir a exigência dietética de metionina através da elevação das taxas de remetilação da homocisteína em metionina e reduzindo o fluxo de transulfuração da homocisteína em cisteína (Baker, 2006). No entanto, segundo Baker et al. (1996) a cistina supre somente 52% do total dos aminoácidos sulfurados em pintos, sendo necessário suprir o restante da exigência para aminoácidos sulfurados via metionina.

Metionina é um aminoácido indispensável na nutrição animal e possui diversas funções metabólicas, como: 1) imprescindível para a síntese proteica, 2) envolvida em reações de transmetilação para formar o S-adenosilmetionina (SAM) principal doadora de grupo metil para formação de produtos como creatina e fosfatidilcolina, 3) Transulfuração para formação de L-cisteína (forma reduzida) e L-cistina (forma oxidada) (Martin-Venegas et al., 2006a). Além de estar envolvida na síntese de poliaminas (espermina e espermidina) e ser doadora de enxofre (Bunchasak, 2009).

Indiretamente, via produção de cisteína, a metionina está envolvida na produção de glutatona e taurina. A Taurina é a única molécula antioxidante com capacidade de detoxificar algumas espécies reativas ao oxigênio (ERO), como o ácido hipocloroso (Adisseo, 2013). Segundo Neto (2014), além da atividade antioxidante, a taurina regula a liberação de citocinas pró-inflamatórias e atua na formação dos sais biliares que serão fundamentais na digestão lipídica. A cisteína juntamente com o ácido glutâmico e glicina irão formar a glutatona (GSH), um dos mais importantes antioxidantes solúveis a nível celular. A GSH possui um grupo SH livre capaz de doar íons de hidrogênio estabilizando radicais hidroxila e eliminando a propagação de outros radicais livres. Após doar o íon hidrogênio a GSH é oxidada formando o dímero de glutatona (GSSG). A reação de oxidação da GSH é catalisada pela enzima glutatona peroxidase (Adisseo, 2013). A cisteína também é precursora do sulfeto de hidrogênio que possui atividade anti-inflamatória e aumenta a resistência do estômago a injúrias (Neto, 2014).

O conceito de aminoácido limitante se baseia na interrupção da síntese proteica devido a deficiência do aminoácido na dieta fornecida. Para as aves, a metionina é o primeiro aminoácido limitante, não somente em função da grande exigência de cistina para formação das penas e metionina para formação da ovoalbumina, mas também devido a composição da dieta utilizada normalmente para essa espécie. Segundo Neto (2014), a produção de rações

para aves, composta basicamente de milho e soja, resulta em deficiência deste aminoácido e de seus derivados quando a suplementação de metionina sintética não é realizada, pois o farelo de soja é deficiente em metionina. No entanto, de acordo com Rostagno (2011), os níveis de aminoácidos sulfurados digestíveis do farelo de soja 45% PB (0,55% de met e 1,13%, de met+cis) é muito próximo dos níveis de outras fontes proteicas que poderiam ser utilizadas na dieta de poedeiras como: farelo de algodão (39%) e farelo de amendoim, que possuem 0,47% de met / 0,94% de met+cis e 0,52% de met / 1,11% de met+cis digestível, respectivamente. Enquanto os níveis de met e met+cis digestíveis do farelo de canola, 0,70 e 1,48%, seriam superiores aos níveis do farelo de soja. Vale ressaltar, que as matérias primas citadas anteriormente, como substituintes do farelo de soja, sofrem flutuações quanto a disponibilidade para compra no mercado, além da limitação do uso de algumas delas em função da presença de fatores anti-nutricionais e do alto conteúdo de fibra da matéria prima que poderão ser empecilhos para a sua utilização. O milho (7,88% PB), apesar dos baixos valores de met e met+cis digestível (0,15 e 0,29%), tem importante participação como fornecedor de aminoácidos sulfurados para as poedeiras, em função da sua alta inclusão.

2.2. Produtos comerciais fontes de metionina

Aminoácidos podem ser produzidos através de processos fermentativos, como é o caso da L-lisina, L-treonina, L-triptofano e L-valina, ou por processos químicos, como na produção da DL-metionina e seus análogos. O processo fermentativo produz aminoácidos na forma L-isômero, uma vez que os microrganismos que participam da fermentação, da mesma forma que os animais superiores, utilizam a forma L para a síntese proteica (Neto, 2014).

No entanto a metionina e seus análogos são geralmente produzidos por meio de síntese química, gerando uma mistura racêmica, 50% da forma L e 50% da forma D. A matéria base para a síntese de metionina tem origem de produtos utilizados na indústria petroquímica, como: metilmercaptano, acroleína e cianeto de hidrogênio (Willke, 2014). Na produção dos análogos da metionina são utilizados os mesmos precursores, porém as reações envolvidas são diferentes.

Diversas fontes de metionina possuem seu uso regulamentado internacionalmente e são vendidos comercialmente. São registrados como aditivos nutricionais tanto a metionina, como seus sais e análogos. A DL-metionina (DLM-99) é um produto em pó cristalino contendo 99% de metionina. Enquanto a DL-Metionina sódio (DLM-Na) é apresentada na forma líquida e contendo 40% de metionina, obtido pela dissolução da DLM-99 em hidróxido de sódio. A DL-

metionina hidroxí-análoga ácido butírico (DL-MHA) é o produto líquido com 88% de metionina, já o sal de cálcio da DL- metionina hidroxí-análoga ácido butírico (DL-MHA-CA) é apresentado na forma pó com 84% de metionina e 12% de cálcio (Adisseo, 2016).

A L-metionina é um produto em pó contendo 98,5% de metionina. Segundo Adisseo (2013), o produto comercial contendo apenas o isômero L isolado é de baixa disponibilidade para uso industrial e obtido principalmente pela purificação da DLM, resultando em alto custo de produção. Recentemente, diferentes processos de produção da L-metionina têm sido pesquisados, como a fermentação e a combinação de fermentação e síntese química (Willke, 2014). Porém, segundo esse autor, não existem plantas comerciais produtoras de metionina que não seja por síntese química. Portanto, a maioria da metionina comercializada é produzida sinteticamente utilizando como matéria prima básica os produtos petroquímicos. Willke (2014), também afirma que a complexidade da via biosintética da metionina, que dificulta a obtenção de microrganismos superprodutores desse aminoácido, somada ao relativo baixo custo dos produtos utilizados para sua produção química, contribuem para que o uso industrial da metionina produzida quimicamente seja predominante. No entanto, o que se observa no mercado de nutrição animal brasileiro e provavelmente mundial, é a crescente oferta do produto L-metionina a preços bastante competitivos.

2.3. Metabolização da metionina e seus análogos

A absorção do isômero L-metionina a nível intestinal acontece por meio de diferentes mecanismos incluindo aqueles dependentes de sódio (B^0 e $B^{0,+}$) e os independentes do sódio (y^+ , $b^{0,+}$ e sistema L). Informação restrita relacionada à absorção do isômero D-Metionina indica a participação de dois mecanismos sódio dependentes (B^0 e $B^{0,+}$) (Adisseo, 2013). Segundo Broer (2008), esses sistemas que fazem o transporte de aminoácidos do lúmen intestinal para o interior do enterócito não são específicos. Como o exemplo, o sistema B^0 transporta todos os aminoácidos neutros com a mesma velocidade, porém com diferente afinidade em que a ordem de preferência seria: Metionina = Leucina = Isoleucina = Valina > Glutamina = Asparagina = Fenilalanina = Cistina = Alanina > Serina = Glicina = Tirosina = Treonina = Histidina = Prolina > Triptofano > Lisina.

Já absorção dos análogos da metionina seria por meio de diferentes mecanismos, envolvendo a absorção por difusão passiva e transporte ativo. Segundo Martin-Venegas et al. (2007), o sistema ativo envolvido na absorção dos isômeros D e L da MHA é Na^+/H^+

dependente e foi definido como $MCT1^2$, com constante de afinidade próxima a dos transportadores da DLM.

Segundo Neto (2014), o processo de absorção da DLM-99 é bastante eficiente, sendo realizado de forma ativa, denominado cotransporte ativo de sódio. Já a absorção da MHA, mesmo que também realizada de forma ativa, seria menos eficiente uma vez que os íons hidrogênio são os mediadores do transporte. Esteve-Garcia e Austic (1993) encontraram menor absorção a nível de jejuno e íleo para a MHA em frangos de corte. No entanto, Richards et al. (2005), em experimento “ex vivo” utilizando porções do trato gastrointestinal de frangos de corte, não encontraram diferenças na absorção de MHA e DLM. Nesse mesmo estudo os autores verificaram que a absorção de MHA ocorre em todos os segmentos intestinais, no entanto a maior parte da absorção ocorre já no final do duodeno (85%). Enquanto a absorção de DLM só se completa na porção final do íleo.

A menor presença de monômeros na composição dos análogos de metionina, 65 e 84% para DL-MHA e DL-MHA-Ca, respectivamente, poderia ser outra justificativa para a menor absorção dos análogos, uma vez que os oligômeros, se não hidrolisados completamente, poderiam limitar a absorção intestinal, uma vez que a DL-metionina é composta por 99% de monômeros. No entanto, Martin-Venegas et al. (2006b) em um experimento “ex vivo”, utilizando segmentos intestinais de frangos de corte e incubados em soluções serosas, não observaram diferenças na absorção entre a DL-MHA (com 20% de oligômeros) e um produto MHA com 100% de monômeros. Os autores também demonstraram que 50 – 60% dos oligômeros são hidrolisados a monômeros nos primeiros 30 minutos de incubação. Portanto, a maior concentração de oligômeros nos produtos MHA não parece ser um fator limitante para a absorção dos mesmos, pois os enterócitos são capazes de hidrolisar oligômeros a monômeros.

Após absorvidos os isômeros D e L da MHA e o isômero D da DLM precisam passar por duas reações para serem convertidos em L-metionina (L-met), e assim serem utilizados efetivamente. O primeiro passo envolve a oxidação do carbono α para a formação do ácido α -ceto-metiltio-butanóico (CMB), sendo que cada isômero terá uma enzima específica catalisando esta reação. A enzima envolvida na oxidação do D-MHA foi encontrada no fígado, rins, mucosa intestinal, baço, pâncreas, cérebro e musculo esquelético, enquanto a enzima que catalisa a oxidação da L-MHA foi encontrada no rim e fígado de aves. Após a formação de composto intermediário comum (CMB), o segundo passo será a transaminação que é a transferência de um grupo amina de um doador de um grupo amino não específico para o composto intermediário. A reação de transaminação não é um fator limitante ao processo de conversão da MHA em L-met e a transaminase, enzima envolvida na transferência do grupo

amina, está presente em diversos tecidos (Martin-Venegas et al., 2006a). Segundo dados apresentados por Martin-Venegas et al. (2011), a completa conversão dos isômeros D e L da MHA em L-metionina pode acontecer no intestino.

Martin-Venegas et al. (2011) revelaram que apesar da transaminação do composto intermediário CMB não ser ligada a um grupo amino doador específico, o aminoácido de cadeia ramificada L-leucina é doador de grupo amino preferido durante o processo de transaminação do CMB.

Em experimentação “ex-vivo” Martin-Venegas et al. (2006a) avaliaram a capacidade dos enterócitos em metabolizar a DL-MHA e L-Met. Os autores observaram que os enterócitos das aves foram capazes de metabolizar a DL-MHA, em L-metionina, cistina e taurina e detectaram maior capacidade de formação de taurina e cistina a nível intestinal quando foi utilizado a DL-MHA. Os autores concluíram que a MHA está mais facilmente envolvida no processo de detoxificação através do mecanismo de transulfuração, além de favorecer a manutenção da homeostasia pós-prandial, pois produz maiores níveis de taurina e cistina que a L-met.

Martin-Venegas et al. (2011), avaliando a eficiência da MHA e da L-metionina em serem incorporadas nas proteínas celulares de frangos de corte, não observaram diferenças entre a capacidade celular em incorporar proteínas em função da fonte de metionina utilizada.

Estudos de Fang et al. (2010), Martin-Venegas et al. (2011) e Martin-Venegas et al. (2014) têm indicado que a presença da MHA no lúmen intestinal regula positivamente a expressão dos genes relacionados com a produção das enzimas envolvidas na oxidação dos isômeros D e L da MHA, estimula a oxidação intestinal de D e L MHA em CMB e aumenta o transporte transepitelial do precursor da metionina em função do aumento da expressão e da capacidade dos transportadores MCT1 no ápice dos enterócitos. No entanto, a etapa de transaminação não foi influenciada pela presença de MHA no lúmen intestinal.

2.4. Deficiência e excesso de metionina+cistina na ração

Hiramoto et al. (1990) trabalharam com 59% da metionina recomendada pelo NRC (1977) e observaram redução no consumo de ração, na produção de ovos e no ganho de peso. Além de redução da síntese proteica no oviduto, no fígado e no corpo como um todo em galinhas poedeiras com 40 semanas de idade submetidas a deficiência de metionina. As reduções nas sínteses proteicas do oviduto foram mais acentuadas se comparadas com a síntese de proteína corporal e do fígado. Segundo os autores, essa redução mais acentuada na síntese proteica no oviduto quando comparado ao tecido corporal e fígado não seria uma surpresa ao

analisar a funcionalidade de cada órgão. Pois, enquanto o oviduto sintetiza quase que exclusivamente as proteínas do albúmen, o fígado não trabalha somente para sintetizar as proteínas da gema como também exerce inúmeras funções vitais para o metabolismo das aves, portanto, como o bom funcionamento do fígado é mais importante para a manutenção da vida, sua atividade seria relativamente mais difícil de ser alterada em função da dieta. Nos trabalhos de Kino e Okumura (1986) e Kino e Okumura (1987), citados por Hiramoto et al. (1990), foi observada redução das taxas de *turn-over* das proteínas hepáticas e corporais em pintinhos que receberam dietas deficientes em metionina.

Deficiências de metionina e Met+cis irão resultar em queda na produção de ovos. Narvaez e Solarte (1996) associaram a menor produção de ovos de aves sem suplementação de metionina industrial com a deficiência de metionina. Barbosa et al. (1999) observaram redução na taxa de produção de ovos em aves alimentadas com dietas sem a inclusão de metionina industrial. Cupertino et al. (2009) verificaram aumento linear da produção de ovos em resposta ao aumento dos níveis de metionina+cistina digestíveis da dieta.

É geralmente aceito que níveis de metionina muito acima do exigido para o crescimento das aves causem efeitos tóxicos para as aves. Segundo Baker (2006), hemossiderose esplênica (acúmulo de ferro, na forma de hemossiderina, no baço) causada por anemia hemolítica é constantemente observada em casos de intoxicação por metionina. A suplementação de glicina é positiva na redução da deposição de ferro no baço causado por intoxicações por metionina. A queda no ganho de peso causada por excessos de metionina na dieta é diretamente proporcional ao acúmulo de ferro no baço e à hemoglobina sanguínea seria inversamente proporcional. A ingestão excessiva de cisteína causaria degeneração da retina, lesões no cérebro e morte. Porém, a metionina e cisteína são tóxicas quando administradas 5 vezes ou mais da exigência animal. Além disso, a cisteína seria bem mais tóxica se comparada a cistina, quando administrada oralmente.

Griminger e Fisher (1967) encontraram depressão no crescimento quando se adicionou 1% ou mais de DL-metionina na ração de frangos de corte durante a primeira semana de criação. Na máxima inclusão testada, 2,4% de DL-metionina, os frangos foram 44% mais leves com 21 dias que as aves dos tratamentos 0,0 – 0,8 % de DL-metionina. Os mesmos autores encontraram maior tolerância das aves para a metionina hidroxí-análoga (MHA-Ca), em que inclusões de 2,4% tiveram pouco efeito sobre o ganho de peso, a menor toxicidade da MHA foi atribuída a limitações no processo de conversão de MHA para L-metionina.

Edmonds e Baker (1987) utilizaram 4% de inclusão de metionina na ração de frangos de corte entre 8 e 16 dias de idade e observaram redução no ganho de peso de 90%.

Utilizando galinhas poedeiras com 31 semanas de idade, Koelkebeck et al. (1991) não encontraram efeitos deletérios de inclusões de 1% de DL-metionina na ração sobre o desempenho das aves.

Han and Baker (1993) não observaram redução no ganho de peso e conversão alimentar quando se trabalhou com inclusões de DL-metionina até a 1% em rações de frangos de corte. No entanto, quando as inclusões de DL-metionina foram acima de 1% na ração o efeito depressivo no ganho de peso e na eficiência alimentar foi marcante.

Nas dietas aplicadas para as poedeiras modernas os níveis de inclusão de metionina sintética dificilmente ultrapassam 0,5% da ração, portanto as inclusões de metionina estão dentro da faixa não tóxica para as aves.

2.5. Níveis de aminoácidos sulfurados para poedeiras no pico de produção

Segundo dados do NRC (1994), assumindo consumo médio de 100g de ração por ave dia, a exigência de met+cis e met total de poedeiras comerciais seria 0.58 e 0.30% da dieta ou 580 e 300 mg por ave/dia, respectivamente.

Novack et al (2004) utilizaram galinhas Dekalb de 20 a 43 semanas (fase um) e 44 e 63 semanas de idade (fase dois) e avaliaram níveis crescentes de consumo de metionina + cistina total por ave dia, 635; 689; 811 ou 877 mg/ave/dia (fase um) e 578; 607; 699 ou 799 mg/ave/dia (fase dois). Os autores encontraram melhores resultados para produção de ovos e conversão alimentar com ingestão diária de 811 e 699 mg de met+cis total/ave/dia enquanto que para ganho de peso os valores foram próximos de 877 e 779 mg de met+cis total/ave/dia nas fases um e dois, respectivamente.

Narváez-Solarte et al. (2005) avaliaram o efeito de níveis crescentes de met+cis total, de 0,484 a 0,734%, na dieta de poedeiras Lohmann brancas de 22 a 38 semanas de idade. Eles observaram resposta quadrática na produção de ovos, peso dos ovos, massa de ovos, ganho de peso e conversão alimentar, sendo que os níveis ótimos encontrados foram 0,658, 0,681, 0,664, 0,683, e 0,665 de met+cis total, respectivamente. O valor de unidades Haugh reduziu linearmente em função dos aumentos de met+cis da dieta. Os autores observaram que a exigência das poedeiras para a fase estudada é de 0,67% de met+cis total ou 737mg met+cis/ave/dia, assumindo consumo médio de ração de 110 g por ave/dia.

Utilizando poedeiras semipesadas da 20^a a 44^a semana de idade, Jordão Filho et al. (2006) avaliaram o efeito de cinco níveis de metionina+cistina total, 0.61, 0.75, 0.82 e 0.89%. Foi observada redução linear do consumo de ração e produção dos ovos com o aumento dos níveis

de aminoácidos sulfurados totais. O peso do ovo foi influenciado quadraticamente e 0,73% de met+cis total foi o valor estimado para maior peso, representando o consumo de 794 mg de met+cis total/ave/dia. Para massa de ovos, o melhor valor estimado foi de 0,69% de met+cis ou o consumo de 751 mg de met+cis total/ave/dia. A conversão alimentar por dúzia de ovos piorou de forma linear com o aumento dos níveis de met+cis. Os níveis avaliados não influenciaram o peso e a porcentagem de gema, albúmen e casca.

Avaliando a exigência de aminoácidos sulfurados digestíveis para poedeiras de 34 a 50 semanas de idade, Sá et al. (2007) utilizaram poedeiras Lohmann brancas e vermelhas. Os níveis de metionina + cistina digestíveis estudados foram: 0,517; 0,569; 0,624; 0,679 e 0,734%. Os autores não observaram efeitos dos níveis de aminoácidos sulfurados digestíveis sobre ganho de peso, consumo de ração e qualidade interna dos ovos de poedeiras brancas e vermelhas. Foi observado efeito quadrático dos níveis de met+cis sobre as demais variáveis de desempenho das poedeiras brancas, sendo que os melhores resultados para produção de ovos, conversão alimentar (Kg/dúzia ovos), peso dos ovos e massa de ovos das poedeiras brancas foram com: 0,655; 0,667; 0,693 e 0,686% de met+cis digestível, respectivamente. As poedeiras vermelhas tiveram resposta linear positiva ao aumento dos níveis de aminoácidos sulfurados digestíveis para peso dos ovos, mas a produção de ovos, conversão alimentar e massa de ovos tiveram respostas quadráticas, com seus melhores resultados com: 0,669; 0,679 e 0,669%, respectivamente. Os autores estabeleceram a exigência de met+cis digestível para poedeiras brancas e marrons de 0,693 e 0,692% ou consumo diário de 825 e 793 mg de met+cis digestíveis para poedeiras brancas e vermelhas, respectivamente.

Geraldo et al. (2010) avaliaram o efeito de metionina + cistina digestíveis sobre o desempenho e qualidade interna de ovos de galinhas poedeiras leves, Hy-line W-36, no pico de produção, 25^a a 41^a semanas de idade. Os níveis avaliados foram: 0,578; 0,636; 0,694; 0,752 e 0,810% de met+cis digestíveis. Foram observados aumentos lineares para ganho de peso, consumo de ração, porcentagem de gema e no extrato etéreo da gema. Os melhores resultados para produção de ovos, conversão alimentar, massa de ovos e ovos viáveis foram obtidos por aves que consumiram 729, 751, 802 e 730 mg de AASD por/ave/dia, respectivamente. Os autores concluíram que para melhores resultados de produção e qualidade dos ovos obtidos é necessário o consumo de 752 mg de AASD por ave/dia.

Utilizando galinhas poedeiras leve, Hy-Line W-36, no pico de produção, entre a 24^a e 40^a semanas de idade, Brumano et al. (2010) avaliaram níveis crescentes de met+cis digestível (0,65; 0,70; 0,75; 0,80; 0,85; e 0,90%) sobre desempenho e qualidade interna dos ovos. 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. O melhor nível de AASD para peso do ovo foi 0,879%. A conversão alimentar por massa de ovos melhorou até o nível de 0,869%. Os autores verificaram efeito linear crescente sobre a porcentagem de gema, porém não houve efeito sobre porcentagem de albúmen e casca. Para os índices de albúmen, gema e unidade Haugh foi observado efeito linear decrescente. O nível de 0,772% de met+cis digestível foi o recomendado para poedeiras no pico de produção, o que corresponde a ingestão de 682 mg de met+cis por ave/dia.

De acordo com Rostagno et al. (2011), as exigências de aminoácidos sulfurados para poedeiras leves irão depender da temperatura ambiental, do peso corporal das aves, ganho de peso e da massa de ovos (% de produção de ovos X peso dos ovos). Onde as recomendações de metionina e metionina+cistina digestível variam entre 0,430 a 0,356% e 0,788 a 0,647% da ração, respectivamente, em virtude das variáveis citadas acima. Segundo esses autores, em condições de termoneutralidade, uma galinha com o peso corporal de 1,470kg, ganhando 1,5g de peso por dia e produzindo 55,0 g por dia de massa de ovos tem como exigência diária 0,402 e 0,731 % de metionina e de met+cis digestíveis na ração, respectivamente.

Segundo Beterchini (2012), as recomendações diárias de metionina e met+cis digestíveis para poedeiras são 340 e 635 mg/dia, respectivamente. Portanto, considerando consumo de ração de 105g/dia, os níveis desses aminoácidos na ração seriam 0,323 e 0,605% da ração.

Conforme a literatura consultada, a recomendação de aminoácidos sulfurados para poedeiras no pico produção oscila bastante, tendo valores de exigência diferentes conforme a variável de desempenho ou qualidade de ovos analisada.

4.6. Recomendações de níveis de aminoácidos sulfurados para poedeiras, segundo os manuais das linhagens

As recomendações dos níveis de aminoácidos sulfurados nas rações de poedeiras difere entre as linhagens. Segundo Animale B.V (2010), manual nutricional das galinhas Dekalb, Hendrix e Isa, as recomendações de aminoácidos sulfurados são divididas em duas fases durante a produção: de 2% de produção até 28 semanas de produção e da 29^a semana de produção até o fim do período produtivo. Os níveis de metionina e met+cis digestíveis recomendados, considerando consumo diário de ração de 105g, para a primeira fase da produção são 0,44 e 0,70%, respectivamente, enquanto para a segunda fase de produção seriam 0,41 e 0,66%.

Portanto, as exigências de consumo de metionina e met+cis digestíveis seriam 462 e 735 mg/dia durante a primeira fase de produção e 430 e 693 mg/dia durante a segunda fase de produção.

Segundo Hy-line (2013), galinhas poedeiras brancas W-36, do início até o pico de produção devem consumir 394 e 676 mg/dia de metionina e met+cis digestíveis, respectivamente. Portanto, assumindo o consumo diário de ração de 84g, os níveis recomendados de metionina e met+cis digestíveis na ração pico de produção seriam: 0,47 e 0,80 %, respectivamente. No entanto para o período pós pico até 90% de produção as necessidades de ingestão diária de metionina e met+cis digestíveis seriam 368 e 630 mg/dia, respectivamente, ou 0,39% de metionina digestível e 0,66% de met+cis digestível na ração, considerando consumo de 95 g/ave/dia de ração.

Segundo Lohmann (2015), as recomendações de metionina e met+cis digestíveis do início de produção até a 28ª semana de produção para galinhas Lohmann LSL Lite seriam 0,33 e 0,60%, respectivamente. No período produtivo descrito como fase 1, 29ª a 45ª semana de produção, as exigências de ingestão diária de metionina e met+cis digestíveis seriam 360 e 660 mg/dia, respectivamente ou 0,34% de met dig e 0,63 % de met+cis dig na ração, considerando consumo de ração de 105 g/dia. Durante a fase 2, 46ª a 65ª semanas de produção, as exigências de ingestão diária de metionina e met+cis digestíveis seriam 330 e 610 mg/dia, respectivamente ou 0,31% de met dig e 0,58 % de met+cis dig na ração, considerando consumo de ração de 105 g/dia.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivos gerais

Estudar os efeitos dos níveis de metionina + cistina digestível na dieta de poedeiras comerciais, da 20ª a 50ª semana de idade, sobre o desempenho, qualidade dos ovos e perfil de aminoácidos dos ovos e avaliação econômica.

3.2. Objetivos específicos

- 3.2.1.** Determinar a exigência de aminoácidos sulfurados para poedeiras no pico de produção.
- 3.2.2.** Verificar como a suplementação de diferentes níveis de metionina + cistina pode influenciar na qualidade dos ovos.

- 3.2.3.** Estudar se o perfil de aminoácidos dos ovos pode ser alterado em função dos níveis de aminoácidos sulfurados da dieta.
- 3.2.4.** Verificar como os níveis de metionina + cistina podem afetar a viabilidade econômica da atividade.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADISSEO. Methiopedia: The technical reference book of methionine. Antony, France, 2013.
- ANIMALE BV, I.S. Nutrition Management guide: Dekalb White, commercial layer. Boxmeer, The Netherlands, 2010.
- BAKER, D. H. Comparative species utilization and toxicity of sulfur amino acids. The Journal of nutrition, v. 136, n. 6, p. 1670S–1675S, 2006.
- BAKER, D.H., FERNANDEZ, S.R., WEBEL, D.M., et al. Sulfur amino acid requirement and cystine replacement value of broiler chicks during the period three to six weeks post-hatching. Poultry Science, 75(6):737-42, 1996.
- BARBOSA, B.A.C.; SOARES, P.R.; ROSTAGNO, H.S., et al. Exigência nutricional de metionina+cistina para galinhas poedeiras de ovos brancos e marrons, no segundo ciclo de produção. Revista Brasileira de Zootecnia, v.28, n.3, p.526-533, 1999.
- BERTECHINI, A. G. Nutrição de monogástricos. 2nd ed. Universidade Federal de Lavras. 2012.
- BROER, S. Amino Acid Transport Across Mammalian Intestinal and Renal Epithelia. Physiological Reviews, v. 88, n. 1, p. 249–286, 1 jan. 2008.
- BRUMANO, G. et al. 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, p.1228-1236, 2010.

BUNCHASAK, C. Role of methionine in poultry production. *J. Poult. Sci*, 46, p.169-179, 2009.

CUPERTINO, E.S.; GOMES, P.C.; ALBINO, L.F.T. et al. Exigência nutricional de lisina digestível para galinhas poedeiras de 54 a 70 semanas de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.3, p.480-487, 2009.

DA SILVA, J.H.V., COSTA, F.G.P., DE LIMA, R.B. Digestão e absorção de proteínas. en: SAKOMURA, N.K., VILAR DA SILVA, J.H., PERAZZO-COSTA, F.G., FERNANDES, J.B.K., HAUSCHILD, L. *Nutrição de não ruminantes*, Jaboticabal: FUNEP, 2014. p.95-109.

DIBNER, J. J. Review of the metabolism of 2-hydroxy-4-(methylthio) butanoic acid. *World's Poultry Science Journal*, v. 59, n. 1, p. 99–110, 2003.

DILGER, R.N., BAKER, D.H. DL-Methionine Is as efficacious as L-Methionine, but modest L-Cystine excesses are anorexigenic in sulfur amino acid-deficient purified and practical-type diets fed to chicks. *Poultry Science*, Savoy, V86, n.11, p.2367-2374, 2007.

ESTEVE-GARCIA, E.; AUSTIC, R. E. Intestinal absorption and renal excretion of dietary methionine sources by the growing chicken. *J. Nutr. Biochem.* 4:576-587, 1993.

ESTEVES, L. F.; COSTA, L. A. S. Investigação Computacional Sobre a Espectroscopia de Dicroísmo Circular Vibracional (VCD) dos Aminoácidos R-alanina e S-alanina. *Rev. Virtual Quim.* 6 (4), 924-936, ISSN 1984-6835,2014. Data de publicação na Web: 22 de fevereiro de 2014 <http://www.uff.br/rvq>.

EDMONDS, M. S., BAKER, H. Comparative effects of individual amino acid excesses when added to a corn-soybean meal diet:effects on growth and dietary choice in the chick. *J. Anim. Sci.* 65:699–705, 1987.

EMMERT, J. L.; BAKER, D. H.. Use of the ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in broiler diets. *J. Appl. Poult. Res.* 6:462–470, 1997.

FANG, Z., LUO, H., WEI, H., et al. Methionine Metabolism in Piglets Fed DL -Methionine or Its Hydroxy Analogue Was Affected by Distribution of Enzymes Oxidizing These Sources to Keto-Methionine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 58, n. 3, p. 2008–2014, 10 fev. 2010.

GERALDO, A., BERTECHINI, A.G., FASSANI, E.J., RODRIGUES, P.B. Níveis de metionina + cistina digestíveis em rações para poedeiras no pico de produção. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.62, n.5, p.1216-1224, 2010.

GRIMINGER, P.; FISHER, H. Methionine excess and chick growth. *Poultry science*, v. 47, n. 4, p. 1271–1273, 1968.

HAN, Y., BAKER, D.H. Effects of excess methionine or lysine for broilers fed a corn - soybean meal diet. *Poult. Sci.*,72:1070-1074, 1993.

HIRAMOTO, K.; MURAMATSU, T.; OKUMURA, J. Effect of methionine and lysine deficiencies on protein synthesis in the liver and oviduct and in the whole body of laying hens. *Poultry Science*, v. 69, p. 84-89, 1990.

HY-LINE: W-36. Manual de poedeira comercial. Hy-line do Brasil. Nova Granada, São Paulo, 2013.

JORDÃO FILHO J., SILVA J.H.V., SILVA E.L. et al. Exigências nutricionais em metionina + cistina para poedeiras semipesadas do início de produção até o pico de postura. *Rev. Bras. Zootec.* 35(3):1063-1069, 2006.

KINO, K., OKUMURA, J. The effect of single essential amino acid deprivation on chick growth and nitrogen and energy balances at ad libitum and equalized- food intakes. *Poultry Sci.* 65:1728-1735, 1986.

KINO, K., OKUMURA, J. Whole-body protein turnover in chicks fed control, histidine, or methionine plus cystine-free diets. *Poultry Sci.* 66:1392-1397, 1987.

KOELKEBECK, K.W.; BAKER, D.H.; HAN, Y. et al. Research note: effect of excess lysine, methionine, threonine or tryptophan on production performance of laying hens. *Poultry Science*, v.70, n.7, p.1651-1653, 1991.

LEWIS, A. J. Methionine-cystine relationships in pig nutrition. In: *Amino Acids in Animal Nutrition.*, 2nd edn. (Ed.J. P. F. D'Mello) vol. 8, CAB International, Wallingford, UK pp. 143-155, 2003.

LOHMANN, Layer management guide: Lohmann LSL Classic. Cuxhaven, Germany. 2015

MARTIN-VENEGAS, R.; GERAERT, P. A.; FERRER, R. Conversion of the methionine hydroxy analogue DL-2-hydroxy-(4-methylthio) butanoic acid to sulfur-containing amino acids in the chicken small intestine. *Poultry science*, v. 85, n. 11, p. 1932–1938, 2006a.

MARTIN-VENEGAS, R., SORIANO-GARCÍA, J. F., VINARDEL, M. P., et al. Oligomers are not the limiting factor in the absorption of DL-2-hydroxy-4-(methylthio) butanoic acid in the chicken small intestine. *Poultry science*, v. 85, n. 1, p. 56–63, 2006b.

MARTÍN-VENEGAS, R., RODRÍGUEZ-LAGUNAS, M. J., GERAERT, P.A., et al. Monocarboxylate transporter 1 mediates DL-2-Hydroxy-(4-methylthio) butanoic acid transport across the apical membrane of Caco-2 cell monolayers. *The Journal of nutrition*, v. 137, n. 1, p. 49–54, 2007.

MARTÍN-VENEGAS, R., BRUFAU, M. T., MERCIER, Y., et al. Intestinal cell conversion of dl-2-hydroxy-(4-methylthio) butanoic acid in vitro: dietary up-regulation by this methionine precursor. *The British Journal of Nutrition*, 106(3), 350-356, 2011.

MARTÍN-VENEGAS, R., BRUFAU, M.T., MANÂS-CANO, O., et al. Monocarboxylate transporter 1 is up-regulated in Caco-2 cells by the methionine precursor DL-2-hydroxy-(4-methylthio)butanoic acid. *The Veterinary Journal*, v. 202, n. 3, p. 555–560, dez. 2014.

NARVÁEZ SOLARTE, W.V. Exigências em metionina+cistina para poedeiras leves e semipesadas. Viçosa, MG:UFV, 1996. 57p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Viçosa, 1996.

NETO, A.R.O. Metabolismo e exigência de metionina. en: SAKOMURA, N.K., VILAR DA SILVA, J.H., PERAZZO-COSTA, F.G., FERNANDES, J.B.K., HAUSCHILD, L. Nutrição de não ruminantes, Jaboticabal: FUNEP, 2014. p.188-217.

NOVAK, C.; YAKULT, H.; SCHEIDELER, S.E. The combined effects of dietary lysine and total sulfur amino acid level on egg production parameters and egg components in Dekalb Delta laying hens. *Poultry Science*, v.83, p.977-984, 2004.

RICHARDS, J. D., ATWELL, C. A., VÁZQUEZ-AÑÓN, M., et al. Comparative in vitro and in vivo absorption of 2-hydroxy-4 (methylthio) butanoic acid and methionine in the broiler chicken. *Poultry science*, v. 84, n. 9, p. 1397–1405, 2005.

ROSTAGNO, H.S., ALBINO, L.F.T., DONZELE, J.L., et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos – composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa. UFV, Departamento de Zootecnia, 2011.

SÁ, L.M.; GOMES, P.C.; ALBINO, L.F.T. et al. Exigência nutricional de metionina + cistina digestível para galinhas poedeiras no período de 34 a 50 semanas de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.6, p.1837-1845, 2007.

WILLKE, T. Methionine production—a critical review. *Appl Microbiol Biotechnol* 98:9893–9914. doi 10.1007/s00253-014-6156-y, 2004.

Metionina+cistina digestível na dieta de poedeiras comerciais e sua influência sobre o desempenho, qualidade e perfil aminoácido dos ovos e avaliação econômica

Resumo

Os objetivos desse trabalho foram medir os efeitos de quatro níveis de met+cis digestível na dieta de poedeiras comerciais sob o desempenho produtivo, a qualidade e o perfil aminoácido dos ovos e a viabilidade econômica. Um total de 576 poedeiras brancas Lohmann LSL-Lite foram distribuídas em seis repetições de 24 aves de cada dieta experimental. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, com quatro tratamentos definidos pelos níveis de met+cis digestíveis analisados na ração 0.465, 0.540, 0.581 e 0.647%. O desempenho produtivo foi medido por 30 semanas. A qualidade (34 e 50 semanas de idade) e o perfil de aminoácidos dos ovos (43 semanas de idade) foram avaliados pontualmente. Foi observada resposta linear positiva com o aumento dos níveis de met+cis para consumo de ração, número de ovos/ave alojada e consumo de met+cis digestível. A produção de ovos, peso do ovo, massa de ovos, eficiência alimentar e ganho de peso tiveram seus valores ótimos determinados pelo modelo de regressão quadrática em: 0.638, 0.654, 0.647, 0.644 e 0.613% met+cis digestível, respectivamente. Com 34 semanas, a espessura de casca reduziu linearmente com o aumento dos níveis de met+cis. Na 50ª semana, os níveis ótimos encontrados para espessura de casca e porcentagem de casca foram: 0.571 e 0.570% de met+cis digestíveis, respectivamente. Os percentuais de proteína, aminoácidos de cadeia ramificada (leucina, isoleucina e valina), de histidina e de prolina dos ovos (albúmen+gema) responderam linear e negativamente em função da elevação dos níveis de met+cis. Níveis mais altos de met+cis digestível (>0.630%) favorecem o bom desempenho das aves e níveis reduzidos de met+cis melhoram qualidade de casca dos ovos das poedeiras no pico de produção. Os níveis ótimos de met+cis podem variar em função do preço do aminoácido sintético.

Key words: aminoácidos sulfurados, metionina, perfil de aminoácidos, poedeiras

INTRODUÇÃO

A metionina é o primeiro aminoácido limitante na alimentação das aves, em função de sua limitada concentração nos vegetais proteicos e pela alta exigência das aves (Bunchasak, 2009).

A alta concentração de cistina na pena e a alta porcentagem de metionina na albumina dos ovos poderiam explicar a alta exigência de metionina das aves.

Quando um aminoácido essencial é deficiente o excesso dos outros aminoácidos será degradado e excretado como N, resultando em desperdício de energia do metabolismo animal para tal excreção e contribuindo para poluição ambiental. Além disso, a suplementação da metionina permite a redução do teor de proteína bruta na dieta das aves, reduzindo o aporte de N dietético e sua eliminação nas excretas.

O ovo é um alimento de extrema importância como fonte de nutrientes na dieta de humanos, alterações no perfil nutricional dos ovos de galinhas em função da dieta deveriam ser melhor avaliadas. Porém, pouca informação existe sobre a influência da dieta e, mais especificamente, da concentração de met+cis na dieta, sob a valorização nutricional e o perfil de aminoácidos dos ovos de poedeiras comerciais.

Os níveis de metionina da dieta afetam diretamente a produção, peso e qualidade dos ovos e a eficiência alimentar (Shafer et al., 1996 citado por Novack et al., 2006). Portanto, é coerente assumir que os níveis de aminoácidos sulfurados da dieta impactam diretamente na viabilidade econômica da atividade. Recentemente, flutuações significativas a nível mundial no preço de comercialização da metionina têm sido observadas, gerando insegurança e receio por parte dos produtores de ovos.

As recomendações de aminoácidos sulfurados para poedeiras comerciais no pico de produção variam bastante entre o NRC, artigos publicados e manuais de linhagem, dificultando o trabalho dos nutricionistas. Logo este trabalho foi desenvolvido com o intuito de encontrar uma recomendação de met+cis que leve a ótimos índices produtivos de acordo com as condições de criação aliados ao melhor custo de produção de ovos.

Portanto, os objetivos desse trabalho foram medir o desempenho, a qualidade de ovos, o perfil aminoacídico dos ovos e os efeitos econômicos de diferentes níveis de aminoácidos sulfurados na dieta de poedeiras comerciais no pico de produção.

MATERIAL E MÉTODOS

Todos procedimentos e cuidados com os animais seguiram os princípios éticos da experimentação animal e o estudo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Minas Gerais, (Protocolo 1/2016).

Dietas

Foram formuladas quatro dietas experimentais para conter 0.515, 0.574, 0.639 e 0.698% de met+cis digestível, as quais continham 0.050, 0.110, 0.176 e 0.232% de DL-metionina suplementada, respectivamente (Tabela 1). Para a formulação das rações, foram utilizados os valores dos ingredientes indicados nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al., 2011). Os valores de met+cis digestíveis analisados foram obtidos por meio da análise da met+cis total e posterior multiplicação por um fator de digestibilidade, fator esse que foi obtido em função da composição das rações e os valores de digestibilidade dos ingredientes contidos nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al., 2011).

Todas as dietas foram analisadas para proteína bruta (968.06) e matéria seca (930.15) de acordo com a Associação de Químicos Analíticos Oficiais (1995). Os aminoácidos das dietas também foram determinados pela empresa Evonik Industries AG, utilizando o método de hidrólise e extração (Evonik Industries AG, 2012).

Desempenho produtivo

Poedeiras brancas Lohmann LSL-Lite com 20 semanas de idade (N = 576) foram alojadas em galpão de postura convencional, não climatizado, equipado com gaiolas metálicas contendo seis galinhas por gaiola (375 cm²/ave). Os quatro tratamentos foram divididos inteiramente ao acaso em seis repetições de 24 aves cada (cada repetição composta por quatro gaiolas de seis aves cada, dispostas em sequência). Água e ração foram fornecidas à vontade e o programa de luz utilizado foi o de 14 horas de luz/dia.

Antes de iniciar o experimento e ao final deste, todas as aves foram pesadas. O peso médio das aves no início do experimento, 19 semanas, foi 1.455Kg +-0.016 o peso das aves no final do experimento, 50 semanas, foi 1.645 +- 0.049. As variáveis de desempenho avaliadas foram as seguintes: consumo de ração, produção, peso e massa de ovos, número de ovos por ave alojada, consumo de met+cis digestível e eficiência alimentar. A produção de ovos e a mortalidade foram registradas diariamente, enquanto que o consumo de ração foi medido semanalmente. O consumo de met+cis digestível (mg de met+cis dig/ave/dia) foi obtido em função do consumo de ração. O número total de ovos por ave alojada foi obtido pela divisão do número total de ovos produzidos no período em relação ao número de aves alojadas. O peso dos ovos também foi contabilizado semanalmente, pesados no último dia de cada semana. Foram pesados somente aqueles postos depois da primeira coleta do dia, para garantir que os ovos pesados foram produzidos no dia da pesagem. A massa de ovos e a eficiência alimentar foram calculadas a partir da produção de ovos, peso de ovos e consumo de ração.

Qualidade dos ovos

As avaliações de qualidade dos ovos foram feitas com 34 e 50 semanas de idade e foram utilizados 24 ovos de cada tratamento coletados ao acaso, sendo cada ovo considerado uma repetição e somente coletando ovos postos no dia. As variáveis determinadas foram porcentagem de gema, porcentagem de albúmen, porcentagem de casca, espessura de casca, Unidades Haugh (UH) e resistência da casca. Os cálculos de porcentagem dos componentes dos ovos foram feitos conforme descrito por Wu et al. (2005). As avaliações de espessura da casca foram feitas utilizando micrômetro externo digital modelo IP40 (Digimess, Mooca, Brasil), com precisão de 0,001 mm, realizando as medições em três pontos distintos da casca do ovo (região apical, equatorial e basal). O resultado foi obtido pela média dos três pontos, expresso em (mm).

Para o cálculo de UH utilizou-se o aparelho medidor de Unidades Haugh modelo S-8400 (Ames, Massachussets, EUA), a partir dos dados de peso do ovo e altura do albúmen, as unidades Haugh foram obtidas pela fórmula: $UH = 100 \log_{10} (H - 1.7 W^{0.37} + 7.56)$, em que H = altura de albúmen; e W = peso do ovo (Brant et al. 1951). Para avaliação de resistência da casca outros 24 ovos de cada tratamento foram coletados aleatoriamente e o teste utilizado foi fratura por compressão. O aparelho TA,X T2 Texture Analyser (Stable Micro Systems, Surrey, England) foi utilizado. Foi utilizada a sonda P4 DIA Cylinder de aço inoxidável, de 4 mm de diâmetro a velocidade pré, durante e pós-teste de 3.0; 0.5; e 5.0; mm/s e uma distância de 6 mm. A força de gatilho utilizada foi de 3.0g. O ovo inteiro foi colocado longitudinalmente sobre suporte de metal em forma de anel (5 cm de diâmetro) dentro de um cadinho de porcelana. A casca foi pressionada até que ocorresse a fratura.

Perfil aminoácídico e proteína bruta (PB) dos ovos

Para análise do perfil de aminoácidos dos ovos foi feito “pool” de seis ovos de albúmen e gema por repetição aos 43 dias de idade das poedeiras, os quais foram congelados a -40°C, liofilizadas por 96 horas e armazenados -40°C até o momento das análises. As análises de proteína bruta (968.06) e matéria seca (930.15) foram feitas de acordo com a Associação de Químicos Analíticos Oficiais (1995). As análises quantitativas dos aminoácidos foram feitas pela empresa Evonik Industries AG, utilizando o método de hidrólise e extração com posterior leitura no HPLC. Antes de serem separados e quantificados em analisador específico Biochrom 30 plus (Biochrom Ltd, Cambridge, UK) os aminoácidos foram hidrolisados com solução aquecida e semi-concentrada de ácido hidrocloreídrico e posteriormente oxidados com ácido perfórmico a

0°C. A ninidrina foi utilizada na derivatização pós coluna, seguida de detecção em um comprimento de luz de 570 nm (Evonik Industries AG, 2012).

Avaliação econômica

A eficiência econômica de cada tratamento foi avaliada por meio da estimativa do custo médio com alimentação por quilo e por caixa de ovos produzidas e, também, do índice de custo médio por quilo (ICM/Kgx) e por caixa de ovos produzidas (ICM/CX) seguindo a metodologia descrita por Barbosa et al. (1992). Os preços dos insumos foram coletados na região de Divinópolis/MG e pelo posicionamento de mercado do Jox Acessoria Agropecuária no dia 14/11/2016. Os preços estão expressos em dólar (R\$3,55), cotação utilizada do dia 14/11/2016: milho grão 0,192 US\$/Kg; farelo de soja (45% PB) 0,327 US\$/Kg; calcário 0,023 US\$/Kg; farelo de trigo 0,239 US\$/Kg, farinha de carne (42%PB) 0,321 US\$/Kg; sal comum 0,141 US\$/Kg; suplemento vitamínico e mineral 1,659 US\$/Kg; L-Lisina Hcl 1,831 US\$/Kg. Para a avaliação econômica, foram utilizados dois custos fixos da DL-Metionina para criar duas condições distintas: uma situação simulando alta de preços da metionina (7,00 US\$/Kg / 24,85 R\$/Kg) e outra com a regularização do preço do aminoácido (3,00 US\$/Kg / 10,65 R\$/Kg).

O índice de custo médio (ICM) pode ser representado por:

$$\text{ICM} = \frac{\text{CMei}}{\text{MCMe}} \times 100$$

Sendo: CMei: Custo total médio do tratamento i considerado

MCMe: Menor custo total médio da alimentação observado entre os tratamentos

Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, com quatro tratamentos definidos pelos níveis de met+cis digestíveis analisados da ração (0.465, 0.540, 0.581 e 0.647%,). Os dados foram submetidos à análise de variância, para verificação dos efeitos significativos entre os fatores simples. O nível ideal de met+cis digestível foi obtido regredindo-se as variáveis respostas em relação aos níveis utilizados em seus componentes lineares e quadráticos, para a escolha do modelo de regressão que melhor se ajustasse. Os dados foram analisados por meio do software estatístico SAS, 2001.

RESULTADOS

Desempenho produtivo

Foi observada resposta linear positiva para consumo de ração/ave/dia, número de ovos/ave alojada e consumo de met+cis digestível/ave/dia em função da elevação dos níveis de met+cis de 0.465 para 0.647% ($P \leq 0.01$) (Tabela 2). Já para produção de ovos, peso do ovo, massa de ovos, eficiência alimentar e ganho de peso a regressão quadrática foi o modelo que apresentou o melhor ajuste de curvas e os valores ótimos encontrados foram: 0.638, 0.654, 0.647, 0.644 e 0.613, respectivamente ($P \leq 0.05$) (Tabela 2). Os tratamentos não influenciaram a mortalidade das aves da 20^a a 50^a semana ($P > 0.05$), o valor de mortalidade médio durante todo o período experimental foi de 1,6%.

Qualidade dos ovos

Nos ovos coletados com 34 semanas de idade as porcentagens de gema, albúmen e casca, assim como a resistência da casca não foram afetadas pelos níveis de aminoácidos sulfurados da dieta ($P > 0.05$), no entanto a espessura da casca reduziu linearmente frente a elevação dos níveis de met+cis da dieta e a unidades Haugh apresentou resposta quadrática, sendo que o nível ótimo de met+cis digestível encontrado para essa variável foi 0.546% ($P \leq 0.05$) (Tabela 3).

Nos ovos coletados com 50 semanas de idade a porcentagem de gema, a porcentagem de albúmen, unidades Haugh e resistência da casca não foram afetadas pelos níveis de aminoácidos sulfurados ($P > 0.05$), somente a espessura da casca e a porcentagem de casca foram influenciadas pelos níveis de aminoácidos sulfurados da dieta ($P \leq 0.05$), e o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou aos resultados (Tabela 3). Os níveis ótimos encontrados para as variáveis espessura de casca e porcentagem de casca foram 0.571 e 0.570% de met+cis digestíveis, respectivamente.

Perfil aminoacídico e proteína bruta (PB) dos ovos

Os valores do perfil de aminoácidos e de proteína bruta estão expressos em porcentagem da matéria seca e representam a composição do albúmen + gema. Os níveis de proteína bruta reduziram linearmente em função da elevação dos níveis de met+cis digestíveis de 0.465 para 0.647% ($P \leq 0.05$) (Tabela 4). Os níveis dos aminoácidos de cadeia ramificada (leucina, isoleucina e valina), de histidina e de prolina também tiveram resposta linear negativa frente a elevação dos níveis de met+cis da dieta ($P \leq 0.05$) (Tabela 4).

Avaliação econômica

Quando o custo da metionina analisado foi de US\$3,00/kg, o nível 0,581% de met+cis apresentou o mais baixo custo com ração por caixa de ovos e o menor índice de custo médio por caixa de ovos. Além disso, o custo com ração por quilo de ovos e o índice de custo médio por quilo de ovo produzido reduziram linearmente com o aumento dos níveis de met+cis. Analisando os resultados com o preço da metionina a US\$7,00/kg, o custo com ração por caixa de ovos e índice de custo médio por caixa de ovos produzidos aumentou linearmente com o aumento dos níveis de met+cis. O nível 0,540% de met+cis apresentou o mais baixo custo com ração por quilo de ovos e menor índice de custo médio por quilo de ovos produzidos.

DISCUSSÃO

Desempenho produtivo

O consumo de ração/ave/dia aumentou linearmente à medida que foram aumentados os níveis de met+cis da dieta (Tabela 2). Harper et al. (1970) e Austic (1986) descreveram que o apetite dos animais pode ser estimulado em função de mudanças no perfil de aminoácidos plasmáticos causados por alterações nos níveis de aminoácidos sulfurados totais (AAST) da dieta. Portanto, os níveis de met+cis da dieta podem interferir no consumo de ração das aves.

Estes resultados estão de acordo com Sohail et al. (2002) e Brumano et al. (2010) que observaram aumento linear no consumo de ração em galinhas na fase de produção frente ao aumento dos níveis de met+cis da dieta. Novack et al. (2006) e Safaa et al. (2008) não observaram diferenças no consumo de ração de galinhas poedeiras em função dos níveis de aminoácidos sulfurados utilizados na dieta. Entretanto, Shafer et al. (1996) e Shafer et al. (1998) verificaram redução no consumo de ração das galinhas com níveis mais altos de metionina na dieta, 0.53% e 0.40% de metionina total, respectivamente, na dieta de poedeiras. O aumento linear no consumo de met+cis/ave/dia pode ser explicado pela resposta linear positiva do consumo de ração frente ao aumento dos níveis de met+cis. Brumano et al. (2010), trabalhando com galinhas Hy-Line W-36 entre 24 e 40 semanas de idade e utilizando cinco níveis de met+cis digestível na dieta, de 0.65 a 0.90%, também observaram elevação linear da ingestão de met+cis por ave dia, com valores entre 565.6 a 811.0mg de met+cis/ave/dia, respectivamente.

O número de ovos/ave alojada aumentou linearmente (Tabela 2) com menor nível de met+cis para o de maior nível. Hiramoto et al. (1990), trabalhando com 59% dos níveis metionina recomendados pelo NRC (1977) na dieta de poedeiras comerciais, observaram redução da síntese proteica no oviduto, no fígado e no corpo como um todo. De acordo com Narváez-Solarte et al. (2005), a baixa produção de ovos em dietas com reduzidos níveis de aminoácidos

sulfurados pode ser atribuída ao desequilíbrio de aminoácidos resultando em redução da síntese de proteínas, aumentando o catabolismo e inibindo a absorção de aminoácidos essenciais.

O nível ótimo obtido para produção de ovos (0.638% de met+cis digestível) foi inferior aos valores encontrados por Sá et al. (2007) que determinaram 0.655 e 0.669% de met+cis digestível na dieta de galinhas Lohmann brancas e vermelhas, respectivamente, garantem a produção máxima de ovos entre 34 e 50 semanas. Já no experimento de Geraldo et al. (2010), em que foram utilizadas poedeiras Hy Line W-36 da 25^a a 41^a semana de idade, o valor encontrado para produção máxima de ovos foi de 0.735% de met+cis digestível na dieta ou o consumo 729 mg/de met+cis/ave/dia. Novack et al. (2006) e Perez et al. (2012) não encontraram diferenças no percentual de produção de ovos/ave/dia em função do aumento dos níveis de met+cis na dieta de poedeiras comerciais próximo do pico de produção.

O valor ótimo de met+cis digestível (0.654%) para peso do ovo foi próximo do que foi encontrado por Sá et al. (2007) que foi 0.693% de met+cis digestível para poedeiras Lohmann brancas entre 30 e 50 semanas de idade. Aumento linear do peso do ovo em função dos níveis de AAST foram observados por Sohail et al. (2002), com poedeiras Hy-Line W36 da 21^a a 33^a semana aumentando os níveis de AAST de 0.65% para 0.81% na dieta e no experimento de Ahmad e Roland (2003) que utilizaram níveis crescentes de met+cis total (0.65 a 0.81%) na dieta de poedeiras Dekalb brancas da 20^a a 36^a semana de idade. Novack et al. (2004), Novack et al. (2006) e Safaa et al. (2008) não observaram nenhum efeito de diferentes níveis de met+cis total sobre o peso dos ovos de poedeiras comerciais.

Poedeiras respondem com aumento no peso e na produção de ovos logo após uma semana de suplementação com metionina na dieta. E, da mesma forma, os efeitos negativos da redução dos níveis de AAST da dieta sob os índices zootécnicos também podem ser observados após uma semana de retirada da suplementação de metionina na dieta (Sohail et al 2002).

O valor ótimo encontrado para massa de ovos (0.647% met+cis digestível) foi bem próximo do observado por Sá et al. (2007) que foi 0.686% de met+cis digestível para poedeiras Lohmann brancas de 34 a 50 semanas de idade. Geraldo et al. (2010) encontraram valores mais altos de met+cis digestível, 0.796% de met+cis na digestível na dieta ou 801g de met+cis digestível/ave/dia, para a produção máxima de massa de ovos de poedeiras Hy Line W-36 de 25 a 41 semanas de idade. No entanto, Novack et al. (2006), Safaa et al. (2008) e Pérez et al. (2012) não observaram efeito dos níveis de aminoácidos sulfurados sob a massa de ovos de poedeiras comerciais.

Diferente da resposta quadrática observada nesse trabalho para eficiência alimentar, em que o nível ótimo encontrado foi 0.644% de met+cis digestível, Novack et al. (2004) encontraram

melhora linear da eficiência alimentar em poedeiras de 20 a 43 semanas com o aumento dos níveis de met+cis total de 0.65 a 0.92%. No entanto nenhum efeito dos níveis AAST foi observado sobre a eficiência alimentar em poedeiras de 34 a 50 semanas de idade por Algawany e Mahrose (2014).

O ganho de peso também apresentou resposta quadrática sendo que o valor ótimo encontrado foi 0.613% met+cis digestível na dieta. Novack et al. (2004) e Narváez-Solarte et al. (2005) encontraram que os valores máximos para o ganho de peso de poedeiras no pico de produção foram 0.690% e 0.683% de met+cis total, respectivamente, valores muito próximos aos que foram encontrados no presente trabalho se considerado a correção pela digestibilidade dos aminoácidos sulfurados contidos nos ingredientes. Por outro lado, Sohail et al. (2002), Novack et al (2006) e Safaa et al. (2008) não encontraram efeito dos níveis de AAST da dieta sobre o GP de poedeiras comerciais.

Qualidade de ovos

Assim como no presente trabalho, Sheideler e Elliot (1998), Novack et al. (2006) e Safaa et al. (2008) não observaram efeito dos níveis de met+cis sobre a porcentagem de gema dos ovos de poedeiras. Entretanto, Brumano et al. (2010) e Geraldo et al. (2010) observaram aumento linear do percentual de gema em função do aumento de met+cis na dieta. Sheideler e Elliot (1998), Novack et al. (2004), Novack et al. (2006), Safaa et al. (2008), Brumano et al. (2010) e Geraldo et al. (2010) também não observaram efeito dos níveis de aminoácidos sulfurados da dieta sobre a porcentagem de albúmen dos ovos. Porém, Algawany e Mahrose (2014) encontraram maior porcentagem de albúmen na 42ª semana de idade para ovos do tratamento com 0.77% de met+cis total quando comparado aos tratamentos 0.67 e 0.72% de met+cis total. Diferente dos outros constituintes do ovo, a porcentagem de casca foi influenciada pelas dietas, no entanto somente quando os ovos foram analisados na 50ª semana, ocorrendo resposta quadrática em que 0.571% de met+cis digestível foi o melhor nível encontrado para essa variável. Novack et al. (2006) observaram maior porcentagem de casca quando utilizaram 0.82% se comparado com 0.64 e 0.73% de met+cis total para ovos de poedeiras avaliados no período de 20 a 43 semanas de idade, porém os mesmo autores avaliaram diferentes níveis de met+cis total na dieta, 0.54, 0.62 e 0.69%, em poedeiras entre 44 e 63 semanas de idade e não foi observado efeito sobre a porcentagem de casca dos ovos. Porém, Geraldo et al. (2010) registraram redução linear do percentual de casca à medida que os níveis de met+cis digestíveis das rações aumentaram de 0.578 para 0.810%, em ovos de poedeiras entre 25 e 41 semanas de idade. Sheideler e Eliot (1998) e Alagawany e Mahrose (2014) não observaram nenhum efeito dos níveis de met+cis

sobre a porcentagem de casca dos ovos de poedeiras analisados em idades próximas do presente experimento.

Houve redução da espessura da casca dos ovos analisados com 34 semanas de idade à medida que os níveis de met+cis digestíveis aumentaram, enquanto que com 50 semanas o nível ótimo encontrado para espessura da casca foi 0.570% de met+cis digestível, valor muito próximo do nível ótimo encontrado para porcentagem de casca no mesmo período avaliado. Não foi observado nenhum efeito sob a resistência da casca dos ovos, apesar da redução da espessura da casca dos ovos quando níveis superiores a 0,570% de met+cis foram utilizados. Os resultados do presente experimento indicam que altos níveis de aminoácidos sulfurados, apesar de não afetarem a resistência da casca, reduzem a espessura da casca podendo comprometer a qualidade da casca dos ovos de poedeiras comerciais durante o pico de produção. Novack et al. (2006), também não registraram influência dos níveis de met+cis sobre a resistência da casca dos ovos nos dois experimentos com galinhas Hy Line W80 de 20 a 43 (0.64, 0.73 e 0.82 % met+cis total) semanas como 44 a 63 semanas (0.54, 0.62 e 0.69 met+cis total).

A unidades Haugh somente foi influenciada em ovos de poedeiras com 34 semanas, e o nível ótimo obtido foi de 0.546% met+cis digestível. No entanto, Narváez-Solarte et al. (2005) obtiveram redução linear do valor de unidades Haugh à medida que os níveis de met+cis total aumentaram de 0.484 para 0.684% da dieta de poedeiras Lohmann brancas de 22 a 38 semanas de idade. Brumano et al. (2010) também observaram redução linear da UH a medida que os níveis de met+cis digestíveis aumentaram de 0.65 para 0.95% da dieta de poedeiras Hy Line W-36 de 24 a 40 semanas de idade. Novack et al. (2004), Novack et al. (2006), Safaa et al. (2008) e Algawany and Mahrose (2014) não observaram efeito dos níveis de AAST sobre os valores de UH.

Perfil aminoácídico e proteína bruta (PB) dos ovos

A concentração de proteína bruta dos ovos (albúmen + gema) reduziu linearmente com o aumento dos níveis de met+cis da dieta. Segundo Novack et al. (2004), enquanto as proteínas da gema são produzidas continuamente no fígado e transportadas para o ovário, as proteínas do albúmen são produzidas quando o óvulo está no magno (em um período de 3 horas). Portanto, devido a essas diferenças entre a síntese das proteínas da gema e albúmen, alterações na concentração de aminoácidos plasmáticos, em função da ingestão de dieta, teriam menos efeito sobre a síntese proteica no fígado que no oviduto (magno). Além disso, o fígado é um órgão de grande importância para a síntese das proteínas corporais e a síntese de proteína da gema do ovo não exige muito esforço do fígado. Novack et al. (2004), ao avaliarem o percentual de PB

do albúmen e da gema separadamente, encontraram redução na proteína bruta do albúmen quando altos níveis de met+cis total foram utilizados (699 e 779 mg met+cis total/ave ou 0.84 e 0.92% met+cis total na dieta) para poedeiras de 44 a 63 semanas. Nesse mesmo experimento os autores encontraram redução linear da PB da gema à medida que os níveis de met+cis total da dieta aumentaram de 0.66 para 0.92%. Algawany e Abou-Kassem (2014) também observaram redução dos níveis de PB do albúmen quando os níveis de met total aumentaram de 0.35 para 0.45% na dieta de poedeiras Lohmann vermelhas de 34 a 50 semanas de idade, mas a porcentagem de PB da gema e do ovo (albúmen + gema) não foram influenciadas pelos tratamentos. No entanto, Shafer et al. (1998) registraram aumento do teor de PB no albúmen e na gema dos ovos de poedeiras, entre 29 e 63 semanas de idade, quando o nível de metionina total da dieta aumentou de 0.38 para 0.46% o que representou consumo médio de met+cis total/ave/dia de 718 e 815mg, respectivamente.

No presente estudo os níveis de met+cis da dieta não afetaram níveis de aminoácidos sulfurados dos ovos. Csonka et al. (1947), estudando o conteúdo de metionina e cistina dos ovos de galinhas, avaliaram o efeito de dieta com baixa proteína (0.44% de met+cis total), sem a suplementação de uma fonte proteica, e dietas de alta proteína, as quais foram obtidas pela suplementação da dieta de baixa proteína com caseína, soja e gelatina, obtendo os respectivos níveis de met+cis total 0.97, 0.80 e 0.52. Os autores não encontraram nenhuma relação entre o peso do ovo e o conteúdo de metionina e cistina dos ovos. Eles também relataram flutuações, independente da dieta, no conteúdo de metionina e cistina dos ovos, o que foi atribuído a variações fisiológicas normais provavelmente causadas pela deficiência ou limitação de nutrientes necessários para a formação das proteínas do albúmen e gema. Limitação essa que estaria relacionada ao consumo alimentar. No mesmo estudo, observou-se que quando o valor de met+cis da dieta aumentou de 0.44 para 0.97%, o conteúdo de metionina e cistina dos ovos também aumentaram. Mas essas alterações nos níveis de metionina e cistina dos ovos estariam relacionadas a fonte de metionina utilizada na dieta. Segundo os mesmos autores, o uso de metionina sintética (DL-metionina) não afetou os níveis de metionina e cistina dos ovos, por fornecer grandes quantidades de monômeros. Sendo necessárias quantidades suficientes de metionina na forma de peptídeos na dieta de poedeiras para que os níveis de metionina e cistina dos ovos sejam alterados.

Martin-Venegas et al. (2011) revelaram que a L-leucina é a doadora de grupo amino preferido na transaminação do composto intermediário (CMB) durante a transformação de D-metionina em L-metionina. Então, é possível que a redução da concentração de leucina nos ovos à medida

que os níveis de aminoácidos sulfurados da dieta aumentaram, seja em função da maior utilização da leucina plasmática para a conversão da D-metionina em L-metionina.

O efeito linear negativo do aumento dos níveis de met+cis da dieta sob a porcentagem dos aminoácidos de cadeia ramificada (isoleucina e valina), de histidina e de prolina dos ovos (albúmen + gema) não puderam ser comparados a nenhum outro artigo, visto que não foi encontrado nenhum trabalho publicado avaliando o efeito dos níveis de aminoácidos sulfurados na dieta sob o perfil aminoácídico completo dos ovos de poedeiras.

Avaliação econômica

Na avaliação dos resultados com o preço da metionina a 3,00 US\$/Kg o nível 0,581% de met+cis digestível proporcionou menor ICM/Caixa de ovos enquanto o nível mais alto utilizado apresentou o custo médio mais alto, 1,04% superior ao tratamento 0,581% de met+cis. Comparando os resultados de ICM/Kg, o tratamento com maior inclusão de met+cis apresentou o menor custo médio, enquanto o tratamento de menor nível de met+cis teve o maior custo médio, 5% superior ao tratamento com maior inclusão de met+cis.

Analisando os custos médios em situação de alta dos preços da metionina (7,00 US\$/Kg) o tratamento de menor nível de met+cis foi o de menor custo médio e o tratamento com a maior inclusão de met+cis teve o maior custo médio por caixa, 4,17% superior ao menor custo encontrado. Porém, na avaliação dos custos por quilo de ovos o tratamento 0,465% de met+cis teve o maior custo médio enquanto o tratamento 0,540% de met+cis teve o menor custo médio. A flutuação no preço da metionina de 3 para 7 US\$/Kg foi capaz de alterar a viabilidade econômica em função dos níveis de met+cis. No entanto o ICM/Caixa e o ICM/Kg responderam distintamente frente a esse aumento nos preços da metionina e as flutuações nos níveis dos aminoácidos sulfurados. O ICM/Caixa aumentou linearmente à medida que foram aumentados os níveis de met+cis da dieta das poedeiras quando o preço da metionina analisado foi o de 7 US\$/Kg, indicando piora da viabilidade econômica com o aumento dos aminoácidos sulfurados da dieta, caso o ovo seja comercializado como unidade e não processado. No entanto, com a redução do preço da metionina para 3,00 US\$/Kg o penúltimo nível mais alto de met+cis (0,581%) foi o que resultou em menor custo com alimentação por caixa de ovos.

Na situação em que o preço da metionina utilizado foi de 3,0 US\$/Kg o aumento dos níveis de me+cis digestível reduz linearmente o custo médio das rações por quilo de ovo produzido, melhorando a viabilidade econômica. Porém, com o aumento do preço da metionina, apesar do nível mais baixo de met+cis continuar sendo o de maior custo por quilo de ovos, o nível mais alto deixou de ser o mais viável economicamente, passando a ser o segundo tratamento de maior

custo médio por quilo de ovo produzido. Algawany e Mahrose (2014), comparando os gastos com ração por quilo de ovo produzido e o preço de venda do quilo do ovo, em galinhas Lohmann vermelhas de 18 a 34 semanas de idade, encontraram maior eficiência econômica quando as poedeiras foram alimentadas com 0,72% de met+cis total se comparado com 0,67 e 0,77% de met+cis total. Apesar do mercado mundial comercializar a maior parte dos ovos inteiros sem nenhum processamento, há um mercado crescente para o comércio de ovos pasteurizados e processados. Portanto, futuramente a variável custo da alimentação por quilo de ovo produzido será um índice cada vez mais utilizado para avaliar a eficiência econômica da atividade.

Os resultados indicam que o avicultor, em função da oscilação dos preços da metionina no mercado, seja aquele que vende os ovos em caixa ou aquele que vende ovos processados, pode utilizar diferentes níveis de met+cis digestível na dieta de poedeiras para garantir o menor custo com alimentação e maior viabilidade econômica da atividade.

CONCLUSÕES

Conclui-se que as aves respondem com aumento linear do consumo de ração/ave/dia, consumo de met+cis/ave/dia e número de ovos/ave alojada diante do aumento de met+cis digestível da dieta de 0.465 para 0.647%. Para garantir os ótimos resultados de produção de ovos, peso dos ovos, massa de ovos, eficiência alimentar e ganho de peso os níveis de met+cis digestíveis utilizados na dieta de poedeiras devem ser: 0.638, 0.654, 0.647, 0.644 e 0.613%, respectivamente. Altos níveis de met+cis da dieta parecem influenciar negativamente a qualidade de casca dos ovos das poedeiras no pico de produção. A elevação dos níveis de met+cis reduz linearmente os percentuais de PB, dos aminoácidos de cadeia ramificada, de histidina e de prolina dos ovos. Diferentes níveis de met+cis na dieta podem ser utilizados para assegurar a viabilidade econômica da atividade em função de flutuações no preço da metionina no mercado.

REFERÊNCIAS

Ahmad, H. A., and D. A. Roland. 2003. Effect of environmental temperature and total sulfur amino acids on performance and profitability of laying hens: an econometric approach. *J. Appl. Poult. Res.* 12:476–482.

- Association of Official Analytical Chemists. 1995. *Official Methods of Analysis*. 16th ed. AOAC Int. Washington, DC.
- Alagawany, M., and D. E. Abou-Kassem. 2014. The combined effects of dietary lysine and methionine intake on productive performance, egg component yield, egg composition and nitrogen retention in Lohmann Brown hens. *J Nutr Feeds* 17:315–328.
- Alagawany, M., and K. M. Mahrose. 2014. Influence of Different Levels of Certain Essential Amino Acids on the Performance, Egg Quality Criteria and Economics of Lohmann Brown Laying Hens. *Asian J. Poult. Sci.* 8:82–96.
- Austic, R.E., 1986. *Nutrient requirements of poultry and nutritional research*. Ed. Fisher and Boorman. Butterworths. London, UK.
- Barbosa, H.P., Fialho, E.T., Ferreira, A.S., De Lima, G. J. M. M., and Gomes, M. F. M. Triguilho para suínos nas fases inicial de crescimento, crescimento e terminação. *Rev. Soc. Bras. Zoot.*, v.21, n.5, p.827-837, 1992.
- Brant, A.W.; OTTE, A. W.; NORRIS, K.H. 1951. Recommend standards for scoring and measuring opened egg quality. *Food Technology*, v.5, p.356-361.
- Brumano, G., P. C. Gomes, J. L. Donzele, H. Santiago, T. C. da R. Rostagno, and R. L. de Almeida. 2010. Níveis de metionina+ cistina digestível em rações para poedeiras leves no período de 24 a 40 semanas de idade. *Rev. Bras. Zootec.* 39:1228–1236.
- Bunchasak, C. 2009. Role of methionine in poultry production. *J. Poult. Sci.* 46, p.169-179.
- Csonka, F.A., C.A.Denton and S. J. Ringel. 1947. The methionine and cystine content of hen's eggs. *J. Biol. Chem.*, 169:259-265.
- Evonik Industries AG (2012): *Free Amino acid content in Feed: Extraction. Analytical Method*, March 2012.
- Geraldo, A., A. G. Bertechini, E. J. Fassani, and P. B. Rodrigues. 2010. Digestible methionine plus cystine levels in diets for laying hens at the production peak. *Arq. Bras. Med. Veterinária E Zootec.* 62:1216–1224.
- Harper, A.E., N.J. Benevenga and R.M. Wohlhueter, 1970. Effects of ingestion of disproportionate amounts of amino acids. *Physiol. Rev.*, 50: 428-558.
- Hiramoto, K., T. Muramatsu, and J. Okumura. 1990. Effect of methionine and lysine deficiencies on protein synthesis in the liver and oviduct and in the whole body of laying hens. *Poult. Sci.* 69:84–89.
- Martín-Venegas, R., P. A. Geraert, and R. Ferrer. 2006. Conversion of the methionine hydroxy analogue DL-2-hydroxy-(4-methylthio) butanoic acid to sulfur-containing amino acids in the chicken small intestine. *Poult. Sci.* 85:1932–1938.
- Narváez-Solarte, W., H. S. Rostagno, P. R. Soares, M. A. Silva, and L. F. U. Velasquez. 2005. Nutritional requirements in methionine+ cystine for white-egg laying hens during the first cycle of production. *Int. J. Poult. Sci.* 4:965–968.

- Novak, C., H. Yakout, and S. Scheideler. 2004. The combined effects of dietary lysine and total sulfur amino acid level on egg production parameters and egg components in Dekalb Delta laying hens. *Poult. Sci.* 83:977–984.
- Novak, C., H. M. Yakout, and S. E. Scheideler. 2006. The effect of dietary protein level and total sulfur amino acid: lysine ratio on egg production parameters and egg yield in Hy-Line W-98 hens. *Poult. Sci.* 85:2195–2206.
- NRC, 1977. *Nutrient Requirements of Domestic Animals. Nutrient Requirements of Poultry.* 7th rev. ed. National Academy of Sciences, Washington, DC.
- NRC. 1994. *Nutrient Requirements of Poultry.* 9th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Pérez, T., M. de los Ángeles, B. Fuente Martínez, T. Jínez Méndez, and E. Ávila González. 2012a. Diferentes niveles de energía metabolizable y aminoácidos azufrados en dietas para gallinas Bovans blancas. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 3:439–448.
- Rostagno, H. S., L. F. T. Albino, J. L. Donzele, P. C. Gomes, R. de Oliveira, D. C. Lopes, A. S. Ferreira, S. L. T. Barreto, and R. F. Euclides. 2011. Composição de alimentos e exigências nutricionais. *Tabelas Bras. Para Aves E Suínos* 3:252.
- Sá, L. M., P. C. Gomes, L. F. T. Albino, H. S. Rostagno, and C. C. C. Nascif. 2007. Exigência nutricional de metionina+ cistina digestível para galinhas poedeiras no período de 34 a 50 semanas de idade. *Rev. Bras. Zootec.* 36:1837–1845.
- Safaa, H. M., M. P. Serrano, D. G. Valencia, X. Arbe, E. Jimenez-Moreno, R. Lazaro, and G. G. Mateos. 2008. Effects of the Levels of Methionine, Linoleic Acid, and Added Fat in the Diet on Productive Performance and Egg Quality of Brown Laying Hens in the Late Phase of Production. *Poult. Sci.* 87:1595–1602.
- Shafer, D. J., J. B. Carey, and J. F. Prochaska. 1996. Effect of dietary methionine intake on egg component yield and composition. *Poult. Sci.* 75:1080–1085.
- Shafer, D. J., J. B. Carey, J. F. Prochaska, and A. R. Sams. 1998. Dietary methionine intake effects on egg component yield, composition, functionality, and texture profile analysis. *Poult. Sci.* 77:1056–1062.
- Scheideler S. E. and M. A. Elliot. 1998. Total sulfur amino acid (TSAA) intake to maximize egg mass and feed efficiency in young layers (19-45 wks of age). *Poult. Sci.* 77 (supplement 1):130. (Abstracts).
- Sohail, S. S., M. M. Bryant, and D. A. Roland. 2002. Influence of supplemental lysine, isoleucine, threonine, tryptophan and total sulfur amino acids on egg weight of Hy-Line W-36 hens. *Poult. Sci.* 81:1038–1044.
- Willke, T. 2014. Methionine production—a critical review. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 98:9893–9914.
- Wu, G., M. M. Bryant, R. A. Voitle, and D. A. Roland. 2005. Effect of dietary energy on performance and egg composition of Bovans White and Dekalb White hens during phase I. *Poult. Sci.* 84:1610–1615.

Tabela 1. Composição e níveis nutricionais das dietas experimentais

Ingredientes	Met+cis diges calculado (%)			
	0.515%	0.574%	0.639%	0.698%
Milho grão	59.200	59.200	59.200	59.200
Farelo de soja (45% PB)	20.000	20.000	20.000	20.000
Calcário	8.506	8.506	8.506	8.506
Farelo de Trigo	7.400	7.400	7.400	7.400
Fa. de carne (42%PB)	4.100	4.100	4.100	4.100
Sal comum	0.340	0.340	0.340	0.340
Inerte	0.200	0.140	0.074	0.014
Suplem. vitam. e min ¹	0.200	0.200	0.200	0.200
DL-Metionina	0.050	0.110	0.176	0.236
L-Lisina Hcl	0.004	0.004	0.004	0.004
TOTAL (%)	100.00	100.00	100.00	100.00
Concentração dos nutrientes calculados				
Cálcio (%)	3.78	3.78	3.78	3.78
EMAn (Kcal/kg)	2,682	2,682	2,682	2,682
Fósforo disponível (%)	0.35	0.35	0.35	0.35
Proteína Bruta (%)	17.00	17.00	17.00	17.00
Metionina dig. (%)	0.280	0.340	0.400	0.460
Composição dos nutrientes analisados				
Proteína Bruta (%)	16.71	17.25	16.97	17.51
Met+Cis total (%)	0.528	0.614	0.661	0.735
Met+Cis dig. (%) ²	0.465	0.540	0.581	0.647
Metionina total (%)	0.270	0.336	0.385	0.456
Cistina total (%)	0.258	0.264	0.261	0.263
Lisina total (%)	0.818	0.851	0.842	0.862

Treonina total (%)	0.597	0.622	0.610	0.620
Valina total (%)	0.774	0.798	0.783	0.803
Arginina total (%)	1.057	1.097	1.083	1.115

¹Composição por quilograma do produto: Vit. A 5.000.000 UI, Vit. D3 1.100.000 UI, Vit E 4.000 UI, Vit. K3 1.000 mg, Vit. B1 520 mg, Vit. B2 1.500 mg, Vit. B6 500 mg, Vit. B12 3.000 mcg, Niacina 10 g, Ácido Fólico 102 mg, Ácido Pantotênico 4.600 mg, Biotina 10 mg, Colina 43 g, Manganês 25 g, Zinco 25g, Ferro 25 g, Cobre 3.000 mg, Iodo 500 mg, Selênio 100 mg, Cobalto 50 mg.

²O valor de met+cis digestível foi obtido em função da correção dos valores de met+cis total analisados pelos coeficientes de digestibilidade dos ingredientes obtidos nas tabelas brasileiras para aves e suínos (Rostagno et al., 2011).

Tabela 2. Desempenho de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de Met+Cis da 20^a a 50^a semana de idade¹

Variável	Níveis de Met+cis dig. analisados				QME	Valor de P	
	0.465%	0.540%	0.581%	0.647%		Linear	Quadrática
CRAVE (g/ave/dia) ²	99.3	101.6	101.7	102.3	1.76	0.0008	0.1468
CMCIS (mg/ave dia) ³	461.7	548.5	599.2	662.1	54.27	0.0001	0.3213
OAA (ovo/ave/alojada) ⁴	193.2	199.5	201.2	202.1	17.53	0.0010	0.1471
PROD (%) ⁵	90.8	93.7	94.7	95.2	1.02	0.0001	0.0086
PO (g) ⁶	56.1	58.3	58.8	59.4	0.40	0.0001	0.0102
MO (g ovo/ave/dia) ⁷	51.1	54.9	55.9	56.8	0.61	0.0001	0.0004
EFI (g de ovo/g de ração) ⁸	0.515	0.540	0.550	0.554	0.00003	0.0001	0.0002
GP (g) ⁹	124.5	217.2	199.1	222.0	827.24	0.0002	0.0162

¹Resultado médio de 6 repetições de 24 aves/repetição.

²Consumo de ração/ave/dia; ³Consumo de met+cis dig; ⁴Número ovos/ave alojada; ⁵Produção de ovos(%); ⁶Peso dos ovos; ⁷Massa de ovos; ⁸Eficiência alimentar; ⁹Ganho de peso

Tabela 3. Qualidade de ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de Met+Cis¹

Variável ²	Níveis de Met+cis dig. Analisados				QME	Valor de P	
	0.465%	0.540%	0.581%	0.647%		Linear	Quadrática
34 semanas							
% GEM (%) ²	25.5	24.9	25.1	25.4	1.99	0.8345	0.1189
% ALB (%) ³	64.5	65.2	64.9	64.8	2.68	0.6086	0.2218
% CAS (%) ⁴	10.0	9.9	10.0	9.8	0.27	0.3190	0.7225
ESP (cm) ⁵	0.410	0.398	0.405	0.397	0.0003	0.0307	0.6663
RES (Kg/cm ²) ⁶	5.760	5.442	5.552	5.558	0.61	0.3986	0.3039
UH ⁷	93.7	95.0	95.5	92.6	18.36	0.4881	0.0184
50 semanas							
% GEM (%)	27.5	26.9	27.6	27.2	2.25	0.6828	0.6351
% ALB (%)	62.6	63.5	63.1	63.1	2.52	0.4014	0.1825
% CAS (%)	9.9	9.6	9.4	9.7	0.28	0.1700	0.0111
ESP (cm)	0.398	0.393	0.382	0.396	0.0004	0.3964	0.0276
RES (Kg/cm ²)	5.806	5.820	5.043	5.783	0.74	0.4392	0.0580
UH	94.7	95.1	95.3	94.0	12.17	0.5456	0.2157

¹Resultado médio de 24 ovos de cada tratamento.

²Porcentagem de gema; ³Porcentagem de albúmen; ⁴Porcentagem de casca; ⁵Espessura da casca; ⁶ Resistência da casca;

Tabela 4. Perfil de aminoácidos dos ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de Met+Cis¹

Variável ^{2,3,4}	Níveis de Met+cis dig. analisados				QME	Valor de P	
	0.465%	0.540%	0.581%	0.647%		Linear	Quadrática
Proteína bruta (%)	54.30	54.68	53.27	52.48	0.9276	0.0025	0.1253
Metionina (%)	1.66	1.66	1.63	1.65	0.0016	0.4907	0.5409
Cistina (%)	1.30	1.29	1.28	1.27	0.0014	0.1795	0.9922
Metionina+Cistina (%)	2.96	2.95	2.90	2.93	0.0054	0.2952	0.7205
Lisina (%)	3.75	3.70	3.62	3.70	0.0067	0.1751	0.0885
Treonina (%)	2.48	2.45	2.43	2.44	0.0020	0.1144	0.2645
Arginina (%)	3.40	3.35	3.29	3.35	0.0043	0.1272	0.0564
Isoleucina (%)	2.76	2.72	2.64	2.65	0.0043	0.0027	0.5292
Leucina (%)	4.57	4.53	4.44	4.48	0.0073	0.0433	0.3228
Valina (%)	3.42	3.37	3.27	3.29	0.0084	0.0094	0.4448
Histidina (%)	1.33	1.32	1.29	1.28	0.0010	0.0019	0.9114
Fenilalanina (%)	3.09	3.09	3.07	3.08	0.0096	0.8205	0.9360
Glicina (%)	1.77	1.76	1.72	1.74	0.0015	0.0949	0.3799
Serina (%)	3.90	3.86	3.85	3.89	0.0066	0.8961	0.2539
Prolina (%)	2.00	1.98	1.91	1.94	0.0022	0.0319	0.1939
Alanina (%)	3.00	2.98	2.93	2.95	0.0042	0.1600	0.4959
Ácido Aspartico (%)	5.36	5.32	5.21	5.27	0.0130	0.1179	0.3439
Ácido glutâmico (%)	6.79	6.73	6.61	6.68	0.0199	0.1322	0.3227

¹Resultado médio representado por 1 amostra, pool de 6 ovos, de cada repetição.

²Os resultados são da análise do albúmen + gema expressos na base matéria seca.

³Resultados estão expressos em % da matéria seca.

⁴Amostras foram coletadas na 43ª semana de idade.

Tabela 5. Avaliação econômica de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de Met+Cis^{1,2}

Variável ¹	Níveis de Met+cis dig. analisados			
	0.465%	0.540%	0.581%	0.647%
Metionina a 3,00US\$/Kg				
Custo/Caixa (\$) ³	8.5653	8.5516	8.5471	8.6357
Custo/ Kg (\$) ⁴	0.4228	0.4060	0.4029	0.4027
ICM/Caixa ⁵	100.21	100.05	100.00	101.04
ICM/Kg ⁶	105.00	100.83	100.05	100.00
Metionina a 7,00US\$/Kg				
Custo/Caixa (\$) ³	8.6449	8.7250	8.8220	9.0051
Custo/ Kg (\$) ⁴	0.4267	0.4142	0.4158	0.4199
ICM/Caixa ⁵	100.00	100.93	102.05	104.17
ICM/Kg ⁶	103.02	100.00	100.39	101.37

¹ Custos estão expressos em dólar.

²Resultado médio representa 6 repetições de 24 aves/repetição.

³Custo com alimentação por caixa de ovos produzidos

⁴Custo com alimentação por quilo de ovos produzidos

⁵Índice de custo médio da alimentação por caixa de ovos produzidos

⁶Índice de custo médio da alimentação por quilo de ovos produzidos

APÊNDICE 1

Conversão alimentar (Kg e DZ)

Material e métodos:

O cálculo de conversão alimentar das aves foi feito de duas formas, a conversão alimentar por quilo foi calculada a partir do consumo total de ração durante o período experimental dividida pela quantidade total em quilos de ovos produzidos. Enquanto a conversão alimentar por dúzia, foi obtida pela divisão da quantidade de ração total consumida durante o experimento pela quantidade de dúzias de ovos produzidos ao longo de todo o período experimental.

Resultados e discussão

Os resultados de conversão alimentar estão demonstrados na tabela 6.

Tabela 6. Conversão alimentar de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de Met+Cis¹

Variável	Níveis de Met+cis dig. analisados				QME	Valor de P	
	0.465%	0.540%	0.581%	0.647%		Linear	Quadrática
Ca (kg/Kg)	1.944	1.852	1.821	1.805	0.0004	0.0001	0.0002
Ca (kg/dz)	1.313	1.300	1.288	1.291	0.0003	0.0187	0.2915

¹Média representa 6 repetições de 24 aves/repetição.

A conversão alimentar por quilo de ovos produzidos apresentou resposta quadrática e o nível ótimo de met+cis digestível obtido foi 0,641%. Valor muito próximo do limite máximo de met+cis utilizado. No entanto Brumano et al. (2010) e Geraldo et al. (2010) encontraram níveis de met+cis digestíveis mais altos para a melhor conversão g de ração/g de ovo produzido, 0,869% e 0,749%, respectivamente. Nos dois trabalhos foram utilizadas poedeiras brancas no pico de produção.

A conversão alimentar por dúzia de ovos produzidos melhorou linearmente à medida que os níveis de met+cis aumentaram na dieta. O que pode ser explicado pelo aumento do número de ovos por ave alojada ter sido superior ao aumento do consumo de ração/ave/dia a medida que os níveis de met+cis subiram. Garantindo maior eficiência em aproveitamento da

ração por dúzia de ovos com maiores níveis de met+cis, mesmo que o consumo de ração também tenha aumentado linearmente em função dos aumentos de níveis de aminoácidos sulfurados da dieta. Sá et al. (2007), trabalhando com poedeiras Lohmann de 34^a a 50^a semana de idade, determinaram que os níveis ótimos de met+cis digestíveis para conversão alimentar por dúzia de ovos para poedeiras brancas e vermelhas seriam: 0,667% e 0,679%, respectivamente.

Referências bibliográficas

- BRUMANO, G. et al. 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, p.1228-1236, 2010.
- GERALDO, A., BERTECHINI, A.G., FASSANI, E.J., RODRIGUES, P.B. Níveis de metionina + cistina digestíveis em rações para poedeiras no pico de produção. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.62, n.5, p.1216-1224, 2010.
- SÁ, L.M.; GOMES, P.C.; ALBINO, L.F.T. et al. Exigência nutricional de metionina + cistina digestível para galinhas poedeiras no período de 34 a 50 semanas de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.6, p.1837-1845, 2007.

APÊNDICE 2

Gráfico 1. Consumo de ração de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de Met+Cis da 20ª a 50ª semana de idade

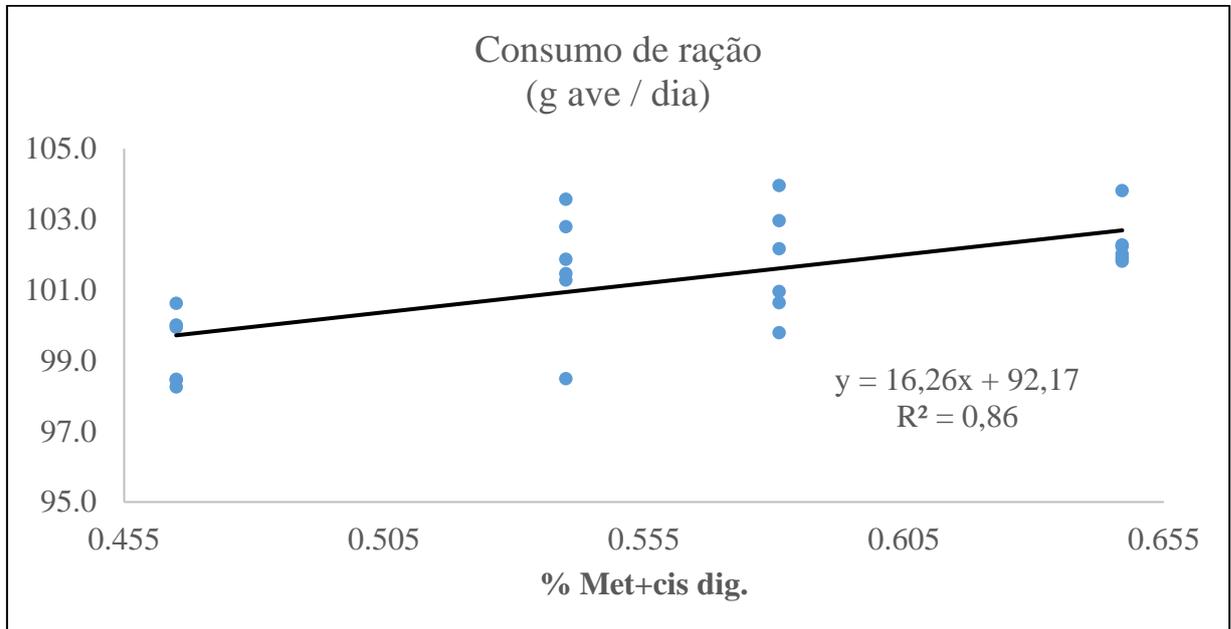


Gráfico 2. Consumo de met+cis de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de Met+Cis da 20ª a 50ª semana de idade

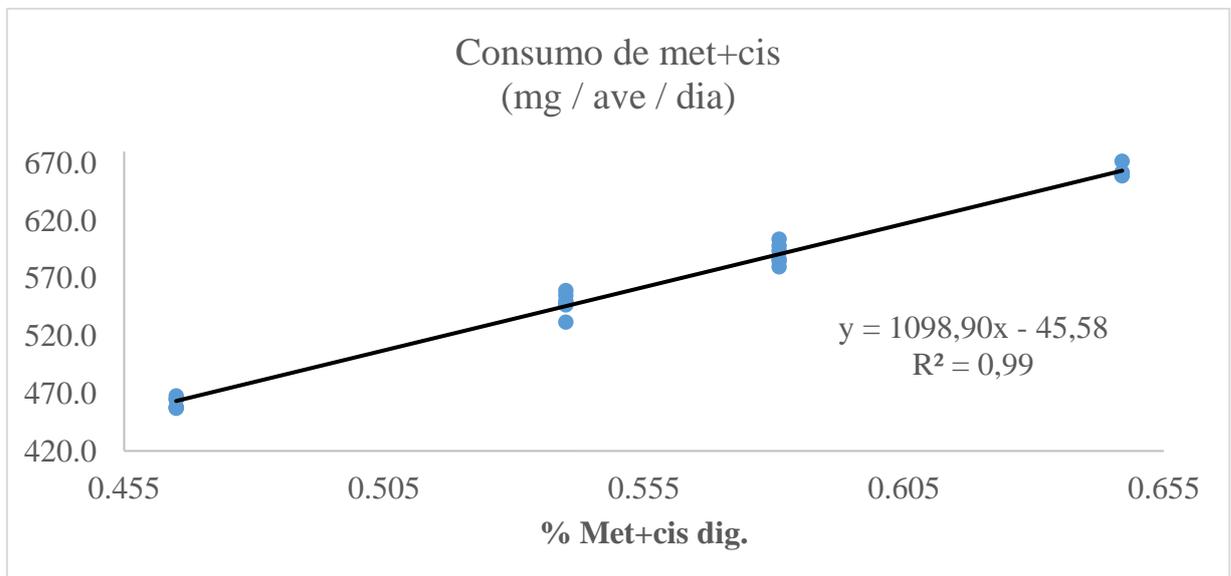


Gráfico 3. Número de ovos por ave alojada de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de Met+Cis da 20ª a 50ª semana de idade

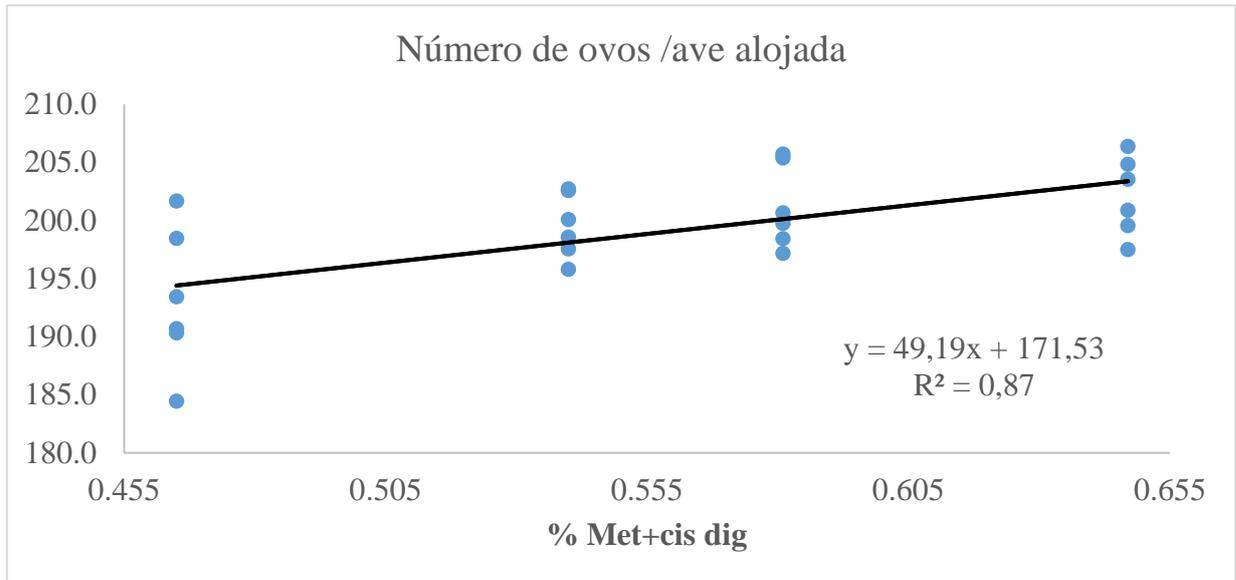


Gráfico 4. Produção diária de ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de Met+Cis da 20ª a 50ª semana de idade

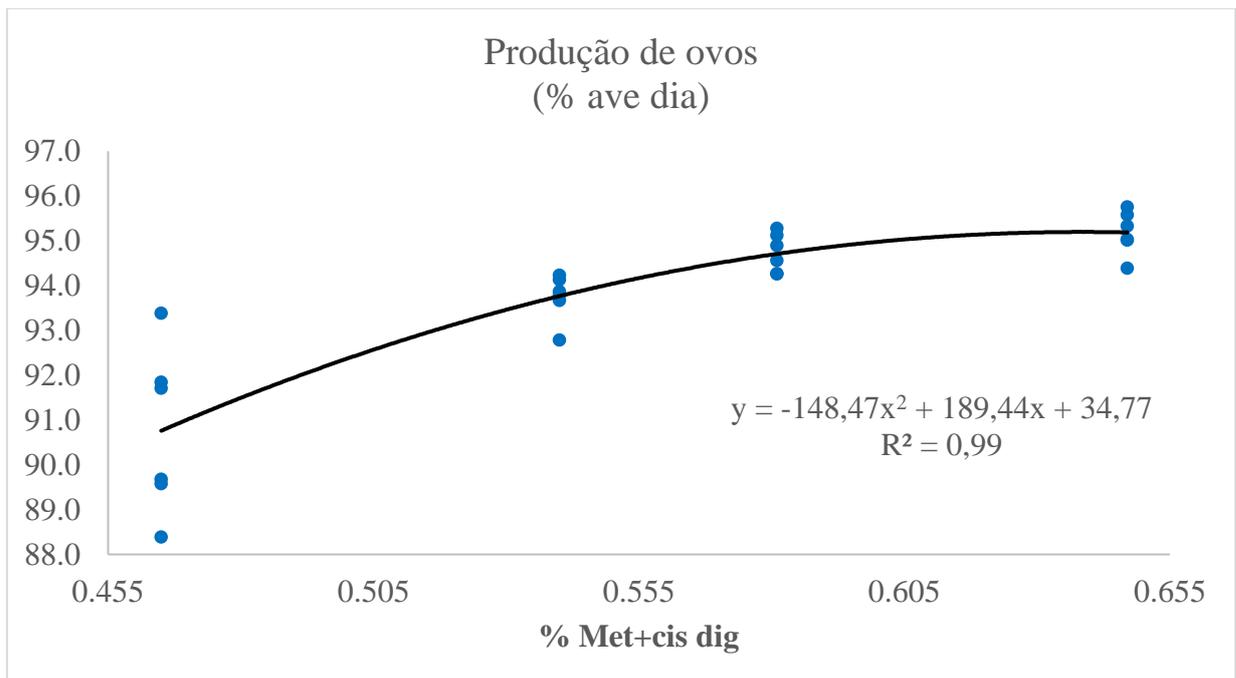


Gráfico 5. Peso de ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de Met+Cis da 20ª a 50ª semana de idade

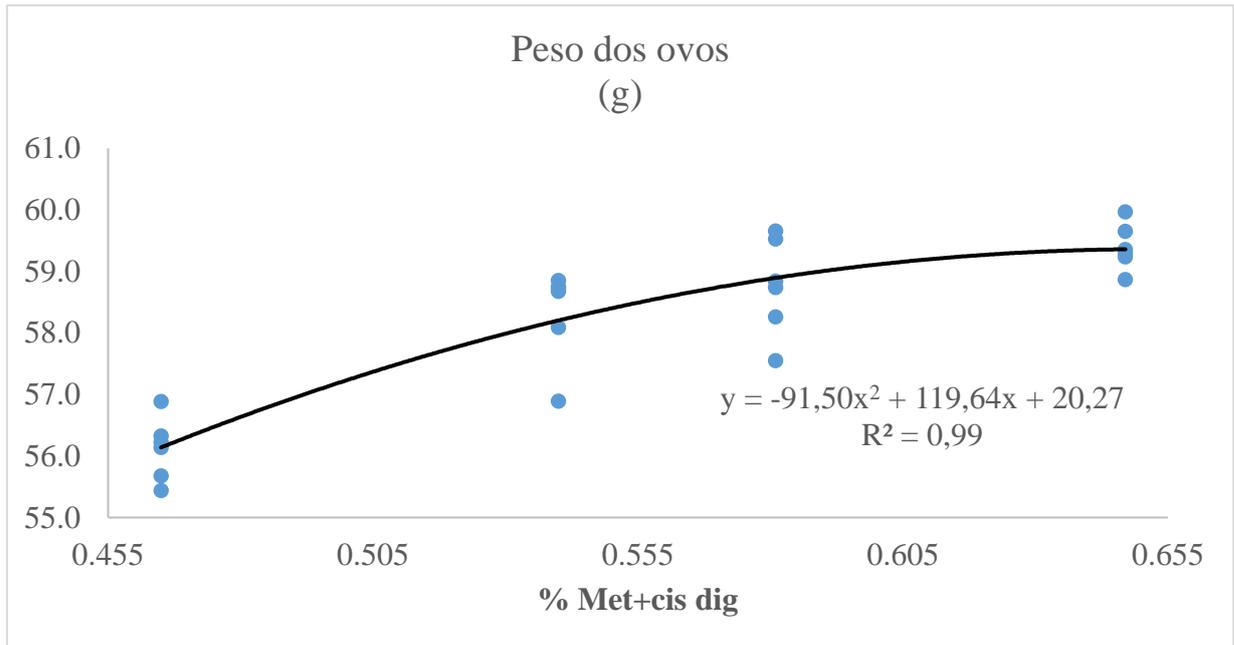


Gráfico 6. Massa de ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de Met+Cis da 20^a a 50^a semana de idade

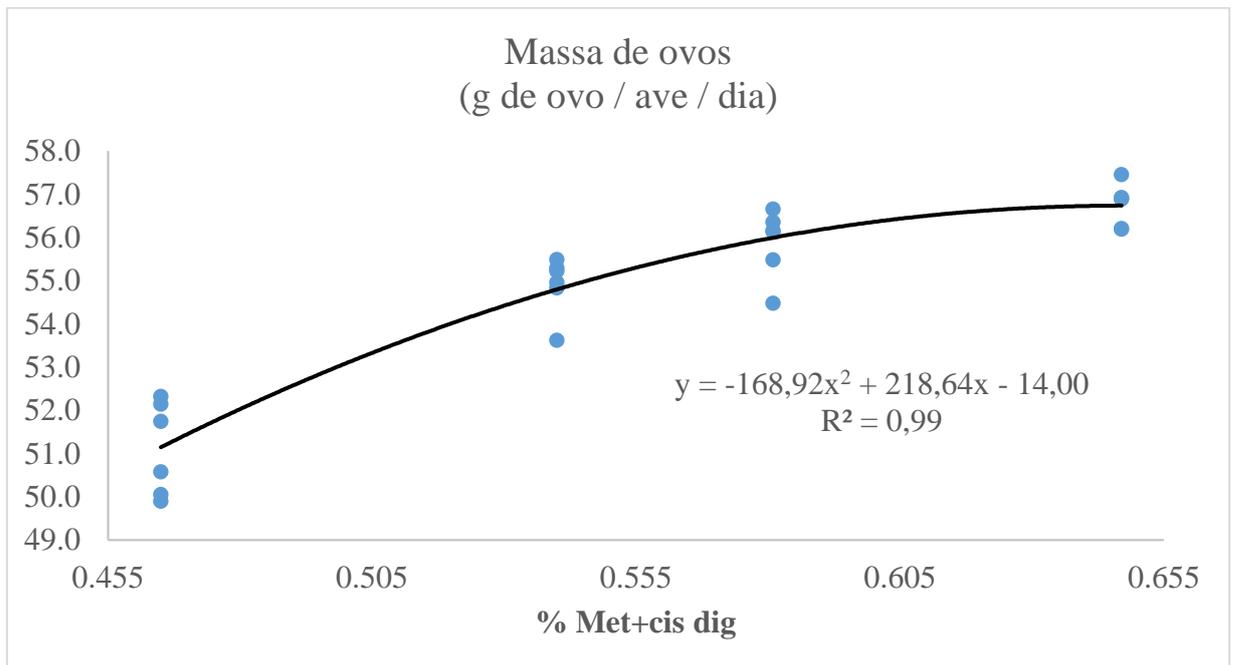


Gráfico 7. Eficiência alimentar de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de Met+Cis da 20^a a 50^a semana de idade

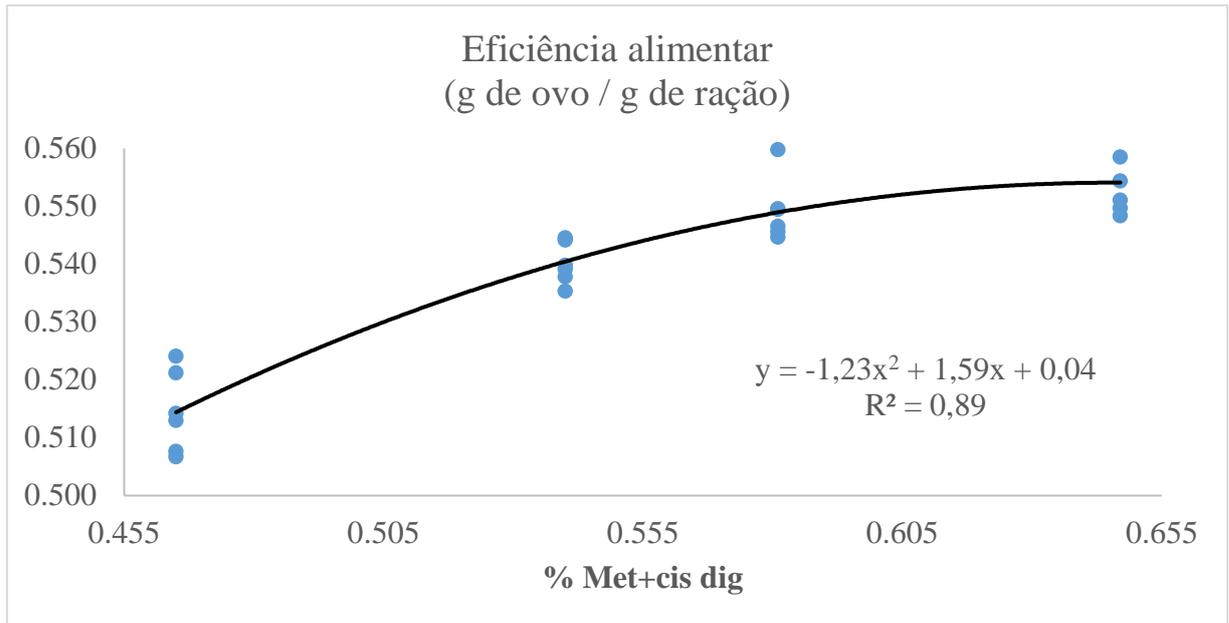


Gráfico 8. Ganho de peso de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de Met+Cis da 20^a a 50^a semana de idade

