



Níveis de metionina+cistina digestível em rações para poedeiras leves no período de 24 a 40 semanas de idade

Gladstone Brumano¹, Paulo Cezar Gomes², Juarez Lopes Donzele², Horacio Santiago Rostagno², Tatiana Cristina da Rocha¹, Rodrigo Lopes de Almeida³

¹ Programa de Pós-graduação da Universidade Federal de Viçosa.

² Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa.

³ Programa de graduação da Universidade Federal de Viçosa.

RESUMO - Objetivou-se determinar os níveis de aminoácidos sulfurosos digestíveis para se estabelecer a relação ideal metionina+cistina:lisina em rações para poedeiras leves no período de 24 a 40 semanas de idade. Utilizaram-se 216 aves Hy-Line W36 em delineamento de blocos casualizados com seis níveis, cada um com seis repetições de seis aves por unidade experimental. Os níveis de aminoácidos sulfurosos digestíveis foram obtidos a partir de uma dieta basal com baixo nível de metionina+cistina digestível (0,65%) e suplementada com 0,00; 0,05; 0,10; 0,15; 0,20 e 0,25% de DL-metionina 99,2%, de forma a apresentar relações metionina + cistina:lisina de 84, 91, 97, 104, 110 e 117%. O período experimental teve duração de 16 semanas e foi subdividido em quatro subperíodos de coleta dos ovos, cada um com 28 dias de duração. Os níveis de metionina+cistina digestível influenciaram a produção de ovos e a eficiência de utilização de lisina por produção total de ovos, atingindo um platô em 0,811 e em 0,772% de metionina+cistina digestível, respectivamente. O nível de metionina+cistina digestível considerado exigência para poedeiras leves no período de 24 a 40 semanas de idade é de 0,772%, que corresponde a consumo de 682 mg/ave/dia de metionina+cistina digestível e a relação metionina+cistina:lisina de 100%.

Palavras-chave: aminoácidos sulfurados, exigências nutricionais, proteína ideal

Digestible methionine + cystine level in meals for light-weight laying hens from 24 to 40 weeks of age

ABSTRACT - The objective of this work was to determine digestible sulfurous amino acids levels to establish the ideal methionine+cystine:lysine relationships in meals of light-weight laying hens in the period from 24 to 40 weeks of age. It was used 216 Hy-Line W36 birds distributed in a randomized block design with 6 levels each one with 6 repetitions and 6 birds per experimental unit. The digestible sulfurous amino acids levels were obtained from a basal diet with low levels of digestible methionin+cystine (0.65%) supplemented with 0.00; 0.05; 0.10; 0.15; 0.20 and 0.25% of DL-methionine (99.2%) to provide a relationship methionine+cystine:lysine of 84, 91, 97, 104, 110 and 117%. The experimental period lasted 16 weeks and it was subdivided in 4 subperiods of collection of the eggs, each one corresponding to 28 days. Levels of digestible methionine+cystine affected egg production and lysine utilization efficiency per total egg production, reaching a plateau in 0.811 and 0.772% of digestible methionine+cystine, respectively. The digestible methionine+cystine level considered as a requirement for light-weight laying hens in the period from 24 to 40 weeks of age is of 0.772%, corresponding to digestible methionine+cystine consumption of 682 mg/hen/day, and the relationship methionine+cystine:lysine of 100%.

Key Words: ideal protein, nutritional requirements, sulfur amino acid

Introdução

Atualmente tem sido importante otimizar a utilização dos alimentos na dieta das aves, principalmente os componentes proteicos, por possuírem os mais elevados custos, com isso, torna-se necessário o conhecimento, tanto do valor nutricional dos alimentos como da exigência nutricional das aves. Assim, os nutricionistas utilizam o

conceito de proteína ideal, que pode ser definido como o balanço teoricamente de aminoácidos essenciais e não-essenciais capazes de prover, sem deficiências ou excessos, as necessidades absolutas de todos os aminoácidos requeridos para manutenção e produção.

Com os avanços na produção dos aminoácidos sintéticos em escala comercial e a preços compatíveis, foi favorecido o uso na prática do conceito de proteína ideal.

Parsons & Baker (1994) afirmaram que, com a aplicação deste conceito, é possível amenizar a influência de fatores que afetam as exigências em aminoácidos das aves, por exemplo, a idade, a genética e o sexo.

A metionina é o principal doador de grupo metil (S-adenosilmetionina) para as diversas reações metabólicas e participa diretamente da síntese proteica (Leeson et al., 2001). Pode ser uma fonte alternativa de cistina num processo não-reversível, com função especial na estrutura de muitas proteínas interligando cadeias polipeptídicas via pontes dissulfeto (Nelson & Cox, 2005). Segundo Petersen et al. (1983), o controle da ingestão de metionina pode evitar o aumento do peso dos ovos e garantir sua qualidade externa.

Os avanços genéticos tornaram as poedeiras comerciais mais precoces e produtivas e, segundo Jordão Filho et al. (2003), a cada quatro ou cinco anos, são lançadas no mercado linhagens mais eficientes na conversão dos nutrientes consumidos. Com isso, justificam-se as constantes revisões de suas necessidades nutricionais para estimar com maior precisão suas exigências em aminoácidos.

Dessa forma, objetivou-se neste trabalho avaliar níveis de metionina+cistina digestível para determinar a relação ideal aminoácidos sulfurosos:lisina em rações para poedeiras comerciais leves no período de 24 a 40 semanas de idade.

Material e Métodos

O experimento foi realizado nas instalações do Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV) no período de 2 de março a 22 de junho de 2006.

Foram utilizadas 216 aves da linhagem comercial Hy-line W-36, no período de 24 a 40 semanas de idade, em delineamento de blocos casualizados, com seis níveis de metionina+cistina digestível, seis repetições e seis aves por unidade experimental.

As poedeiras foram adquiridas com 20 semanas de idade e criadas conforme descrito no manual da linhagem (Guia de manejo Hy-line variety W36, 2003-2005), porém seguindo as recomendações de Rostagno et al. (2005) para formulação das dietas. As aves foram alojadas em um galpão de postura totalmente aberto e coberto com telhas de barro, em densidade de duas aves por gaiola (25 × 40 × 45 cm).

Antes do fornecimento das dietas experimentais, realizou-se a distribuição das poedeiras, padronizando-as por peso corporal e porcentagem de postura. O controle da produção de ovos foi realizado no período de 20 a 24 semanas, de modo a permitir a uniformização da postura das aves nos níveis de suplementação.

Ao completarem 24 semanas de idade, as aves foram submetidas a suplementação, por meio do fornecimento de rações isonutritivas, exceto para os níveis de metionina + cistina digestível, que variaram em seis níveis. O nível subótimo de lisina utilizado na dieta experimental foi de 0,770% para consumo médio estimado em 731 mg/ave/dia de lisina e de 95 g/ave/dia de ração. Os níveis de aminoácidos sulfurosos digestíveis foram obtidos a partir de uma dieta basal deficiente em metionina+cistina digestível (0,65%), suplementada com 0,00; 0,05; 0,10; 0,15; 0,20 ou 0,25% de DL-metionina (99,2%), de forma a proporcionar relações metionina+cistina: lisina de 84; 91; 97; 104; 110 e 117% (Tabela 1).

As suplementações com DL-metionina foram feitas em substituição ao aminoácido L-glutâmico em equivalente proteico. Os demais nutrientes das rações, exceto as relações dos aminoácidos em relação à lisina, foram segundo as recomendações preconizadas por Rostagno et al. (2005).

As rações foram fornecidas diariamente em dois horários, às 7 h e às 17 h, e o consumo de água, à vontade, durante todo o período experimental. Foi adotado um programa de luz de 17 horas diárias. O controle do fornecimento de luz foi realizado por meio de um relógio automático (timer), que permitiu o acender e o apagar das luzes durante o período da noite e da madrugada.

As temperaturas no galpão foram monitoradas uma vez ao dia, às 8 h, por três termômetros de máxima e mínima, distribuídos em pontos distintos por todo galpão, posicionados à altura das aves. As temperaturas ambiente mínima e máxima variaram de 8 a 21 e de 23 a 33°C, respectivamente, durante o período experimental.

O período experimental teve duração de 16 semanas e foi subdividido em quatro subperíodos de 28 dias de coletas de ovos. Foram avaliados os parâmetros de desempenho (produção, peso e massa de ovos), consumo, conversão alimentar, componentes dos ovos, de qualidade interna dos ovos, de ovos não-comerciais, ganho de peso e eficiência de utilização de lisina por produção total de ovos. O consumo de ração, de metionina+cistina e de lisina foi determinado ao término de cada período de 28 dias, por meio da divisão da quantidade de ração (gramas), de metionina+cistina (miligramas) e de lisina (miligramas) consumidas, respectivamente, em cada unidade experimental, pelo número de aves das unidades experimentais por dia. A produção de ovos foi computada diariamente e de acordo com o número de aves alojadas por unidade experimental. A eficiência de utilização de lisina por produção total de ovos foi determinada pela divisão do consumo de lisina/ave, em gramas, dos quatro subperíodos, pela produção total de ovos/ave dos quatro subperíodos

em cada unidade experimental. A conversão alimentar foi calculada pela divisão do consumo de ração pela produção em dúzias de ovos (kg/dúzia) e pela massa de ovos (kg/kg), em cada um dos quatro subperíodos. Para o peso médio dos ovos, foram utilizados todos os ovos íntegros coletados nos três últimos dias de cada um dos quatro subperíodos de 28 dias. A média do peso dos ovos foi obtida pela divisão do peso total dos ovos coletados pelo número de ovos coletados por unidade experimental e expressa em gramas. A massa de ovos foi expressa em gramas de ovos por ave por dia (g/ave/dia), multiplicando o peso médio dos ovos no subperíodo pelo número total de ovos produzidos no subperíodo dividido pelo número total de aves dos dias relativos a esse período. Para os ovos não-comerciais, foram computados os ovos trincados, quebrados, de casca mole, sem casca, de duas gemas e sem gema. A relação de ovos perdidos e o total de ovos produzidos no experimento foram apresentados na forma de porcentagem para cada um

dos níveis de metionina + cistina analisados. No cálculo dos componentes dos ovos, foram coletados 2 ovos por dia de cada repetição durante os três últimos dias a cada período de 28 dias. Obteve-se primeiramente o peso dos ovos coletados e em seguida procedeu-se à quebra dos ovos para pesagem da gema e da casca. Para a separação dos componentes dos ovos (gema, casca e albúmen), foi utilizado um separador de gemas convencional. As cascas foram lavadas, deixadas a secar e em seguida pesadas. O peso do albúmen foi obtido pela diferença entre o peso total do ovo menos o peso da casca e da gema. A gema, o albúmen e a casca foram determinados em porcentagem. O ganho de peso foi determinado pesando-se todas as poedeiras de cada repetição no início e no final do período experimental, para obtenção do ganho de peso médio, pela diferença entre as duas pesagens. A qualidade interna dos ovos foi medida por uma amostra de todos os ovos de cada repetição, coletados nos três últimos dias de cada um dos quatro

Tabela 1 - Composição percentual e valor nutricional das dietas experimentais

Ingredientes	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25
Milho (7,7% de PB)	60,207	60,207	60,207	60,207	60,207	60,207
Farelo de soja (45,32% de PB)	21,501	21,501	21,501	21,501	21,501	21,501
Glúten de milho 60%	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500
Óleo de soja	2,987	2,987	2,987	2,987	2,987	2,987
Calcário	9,745	9,745	9,745	9,745	9,745	9,745
Fosfato bicálcico	1,634	1,634	1,634	1,634	1,634	1,634
Sal comum	0,528	0,528	0,528	0,528	0,528	0,528
Premix vitamínico ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Premix mineral ²	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Antioxidante ³	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Cloreto de colina 60%	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Cloreto de potássio	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079
L-glutamato (99%)	0,300	0,250	0,199	0,149	0,098	0,048
DL-metionina (99,2%)	0,157	0,207	0,258	0,308	0,359	0,409
L-treonina (98,5%)	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
L-lisina HCL (80%)	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073
L-isoleucina (99%)	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034
L-triptofano (98%)	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
Composição calculada (%)						
Proteína bruta	16,30	16,30	16,30	16,30	16,31	16,31
Energia metabolizável (kcal/kg)	2,900	2,901	2,902	2,903	2,904	2,905
Metionina+cistina digestível	0,650	0,700	0,750	0,800	0,850	0,900
Metionina digestível	0,410	0,460	0,510	0,560	0,610	0,660
Lisina digestível	0,770	0,770	0,770	0,770	0,770	0,770
Treonina digestível	0,578	0,578	0,578	0,578	0,578	0,578
Tryptofano digestível	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208
Isoleucina digestível	0,663	0,663	0,663	0,663	0,663	0,663
Valina digestível	0,693	0,693	0,693	0,693	0,693	0,693
Cálcio	4,23	4,23	4,23	4,23	4,23	4,23
Fósforo disponível	0,395	0,395	0,395	0,395	0,395	0,395
Sódio	0,237	0,237	0,237	0,237	0,237	0,237
Potássio	0,615	0,615	0,615	0,615	0,615	0,615

¹ Suplemento vitamínico. Composição por kg: vit. A - 12.000.000 U.I.; vit. D₃ - 3.600.000 U.I.; vit. E - 3.500 U.I.; vit. B₁ - 2.500 mg; vit. B₂ - 8.000 mg; vit. B₆ - 3.000 mg; ácido pantotênico - 12.000 mg; biotina - 200 mg; vit. K - 3.000 mg; ácido fólico - 3.500 mg; ácido nicotínico - 40.000 mg; vit. B₁₂ - 20.000 mcg; selênio - 130 mg; veículo q.s.p. - 1.000 g.

² Suplementação mineral. Composição por kg: manganês - 160 g; ferro - 100 g; zinco - 100 g; cobre - 20 g; cobalto - 2 g; iodo - 2 g; excipiente q.s.p. - 1.000 g.

³ Butil-hidróxi-tolueno (BHT).

subperíodos de 28 dias. Os ovos, identificados com o número de cada tratamento e repetição, foram coletados e pesados em balança com precisão de 0,1 g. No mesmo dia, procedeu-se à quebra dos ovos, para medição da altura de gema e de albúmen, realizada com micrômetro do tipo AMES S-6428, segundo metodologia descrita por Snyder (1961), e determinação das unidades haugh, segundo o critério desenvolvido por Haugh (1937). Também foram medidos os diâmetros de albúmen e de gema, com paquímetro, para determinação dos índices de albúmen e de gema.

As exigências dos aminoácidos em estudo foram estimadas por meio das variáveis estudadas, mediante o uso de modelos quadrático ou LRP (Linear Response Plateau), conforme ajustamento dos dados, utilizando o programa SAEG – Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas – UFV (2005).

Resultados e Discussão

Os níveis de metionina+cistina digestível influenciaram ($P<0,08$) o consumo de ração, que aumentou de forma linear (Tabelas 2 e 3). O consumo médio de ração (88,28 g) foi inferior ao fornecido e esperado (95 g), o que determinou menor ingestão de aminoácidos. O baixo consumo de ração pode estar relacionado às altas temperaturas no interior do galpão, que variaram significativamente durante o período estudado, alcançando valores máximos de 33°C.

Resultados de diversos trabalhos divergem quanto ao consumo de ração em avaliações dos níveis adequados de metionina+cistina. Cupertino et al. (2009) observaram aumento linear no consumo de ração em pesquisa com poedeiras semipesadas de 54 a 70 semanas alimentadas com rações com 0,492 a 0,700% de metionina+cistina digestível. Barbosa et al. (1999) verificaram variação quadrática do consumo de ração de poedeiras leves de acordo com o aumento de aminoácidos sulfurosos na ração. Por outro lado, Sá et al. (2007) não notaram efeito da variação dos níveis de aminoácidos sulfurosos, de 0,517 a 0,734%, no consumo de ração de poedeiras leves e semipesadas de 34 a 50 semanas de idade. A inconsistência de resultados entre os trabalhos pode estar relacionada, entre outros fatores, à composição e ao balanço aminoacídico das rações experimentais. De acordo com Andrigueto et al. (2003), o desequilíbrio aminoacídico em uma ração ocasiona mudanças específicas na concentração de aminoácidos plasmáticos, afetando o consumo de alimento pelas aves.

O consumo de metionina+cistina digestível aumentou de forma linear ($P<0,01$) de acordo com a concentração desses aminoácidos na dieta. O consumo de lisina digestível

($P<0,08$) seguiu o mesmo resultado estatístico do consumo de ração, pois não variou entre as rações.

Os níveis de metionina+cistina digestível tiveram efeito significativo ($P<0,01$) sobre a produção de ovos, que aumentou, e sobre a eficiência de utilização de lisina por produção total de ovos ($P<0,05$), que diminuiu de forma linear. Embora estes parâmetros tenham variado de forma linear, o modelo LRP foi o que melhor se ajustou aos dados: os níveis 0,811 e 0,772% de metionina+cistina digestível detreminaram o início de um platô, respectivamente, para produção de ovos e para eficiência de utilização de lisina por produção total de ovos.

Para estabelecer a relação ideal entre os aminoácidos estudados com a lisina, é importante que o consumo de ração não tenha variação significativa entre os níveis estudados, o que não ocorreu neste trabalho, uma vez que em quase 24 mg de lisina/ave/dia, entre o menor e o maior valores variaram consumo. Assim, para definir a relação ideal metionina + cistina:lisina, considerou-se a eficiência de utilização de lisina por produção total de ovos, de modo que o melhor nível foi aquele que resultou no menor valor para esse parâmetro. Para um mesmo consumo de lisina digestível, o nível de suplementação que proporcionar a maior produção de ovos indica que a relação de metionina+cistina digestível utilizada é a mais ajustada, pois os níveis de aminoácidos sulfurosos eram os únicos nutrientes que variaram entre as dietas.

A definição deste parâmetro torna-se mais clara quando comparados os consumos médios de lisina nos níveis de 0,65 e de 0,85% de metionina+cistina digestível (670,0 vs. 672,5 mg de lisina/ave/dia) e suas respectivas produções de ovos (90,25 vs. 93,68%). Apesar do similar consumo de lisina digestível entre os níveis citados, a produção de ovos do nível de 0,85% foi quase 4% superior à do nível 0,65%, logo este ganho na produção foi ocasionado pelo consumo de metionina+cistina, que aumentou de 565,6 para 742,4 mg/ave/dia no maior nível. Com isso, pode-se deduzir que houve melhora no balanceamento entre os aminoácidos sulfurosos e a lisina no nível de 0,85% de metionina+cistina digestível, que promoveu a melhor eficiência de utilização de lisina por produção total de ovos.

Influência dos níveis de metionina+cistina da ração sobre a taxa de produção de ovos de poedeiras também foi observada por Bertran et al. (1995), Narvaez-Solarte (1996), Rodrigues et al. (1996), Novak et al. (2006), Cupertino et al. (2009), Sá et al. (2007) e Bregendahl et al. (2008).

Bregendahl et al. (2008) constataram relação de 99% entre os aminoácidos sulfurosos com a lisina para máxima produção de ovos em poedeiras leves de 28 a 34 semanas de idade. Cupertino et al. (2009) estabeleceram consumos

de 712 e 723 mg/ave/dia, correspondentes às relações metionina+cistina:lisina de 98 e 100%, como exigência para poedeiras leves e semipesadas, respectivamente. De forma similar, Sá et al. (2007) encontraram como exigências para poedeiras leves de 34 a 50 semanas de idade relação aminoácidos sulfurosos:lisina de 101% e consumo de 825 mg/ave/dia de metionina+cistina digestível em níveis que variaram entre 610 e 868 mg/ave/dia os consumos desses aminoácidos. Esse consumo mais elevado de aminoácidos sulfurosos pelas aves encontrado por estes autores provavelmente está relacionado à linhagem utilizada no ensaio, Lohmann White LSL, ave de maior peso corporal e maior consumo de ração.

As relações de metionina+cistina:lisina encontradas para produção de ovos e eficiência de utilização de lisina por produção total de ovos são superiores às recomendadas por Rostagno et al. (2005) e pelo NRC (1994), de 91 e 84%, respectivamente. Apesar da divergência de resultados quanto ao valor da relação metionina+cistina com a lisina, quando se considera a demanda diária de aminoácidos sulfurosos para maior produção de ovos, o valor de 719 mg encontrado neste estudo foi semelhante ao de 724 mg proposto por Rostagno et al. (2005). Isso sugere que os níveis de lisina digestível utilizados por esses autores podem estar superestimados, tendo em vista os altos índices produtivos alcançados neste trabalho, mesmo com o consumo médio de lisina digestível (680 mg/ave/dia) abaixo do recomendado (796 mg/ave/dia) por esses autores. Da mesma forma, maior teor de lisina e baixa relação aminoácidos sulfurosos/lisina são recomendados pelo manual da linhagem Hy-line W36, que estabelece consumo

médio de 603 e de 747 mg/ave/dia de metionina+cistina e de lisina digestíveis, respectivamente, e relação metionina+cistina: lisina de 81%. Rocha et al. (2006) sugeriram consumo de lisina digestível para poedeiras leves no período de 24 a 40 semanas de idade, menos que o preconizado por Rostagno et al. (2005), de 759 mg/ave/dia.

Houve efeito ($P<0,05$) dos níveis de suplementação sobre o peso médio dos ovos, que variou de forma quadrática, aumentando até o nível de 0,879%, correspondente a uma relação de 114%. Apesar do efeito quadrático, o modelo LRP foi o que apresentou menor soma de quadrados dos desvios e melhor se ajustou aos dados, estimando em 0,776% o nível de metionina+cistina digestível em que ocorreu o platô. Neste nível a relação metionina+cistina:lisina correspondeu a 101% e o consumo médio de metionina+cistina digestível foi de 686 mg/ave/dia.

O aumento do peso médio dos ovos pode ser explicado pelos pesos da gema e do albúmen, que variaram de 13,4 a 15,0 e de 35,4 a 38,5 gramas, respectivamente, pelo aumento da porcentagem de gema, de forma proporcional ao consumo de metionina+cistina digestível pelas aves.

Variação significativa crescente no peso de ovos de poedeiras de 34 a 50 semanas de idade foi verificada por Sá et al., (2007), variando de 593 a 836 mg/dia/ave o consumo de metionina+cistina digestível. De forma similar, Rodrigues et al. (1996) encontraram aumento linear no peso dos ovos, relacionado ao incremento de metionina dos tratamentos, em aves no segundo ciclo de postura.

Houve efeito linear crescente na massa de ovos ($P<0,01$), parâmetro diretamente influenciado pelo peso dos ovos. No

Tabela 2 - Desempenho e produção de ovos de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade alimentadas com rações suplementadas com metionina+cistina digestível

	Nível de metionina+cistina (%)						Média	CV (%)
	0,650	0,700	0,750	0,800	0,850	0,900		
Consumo de ração(g/ave/dia) ¹	87,01	88,05	88,43	88,73	87,34	90,11	88,28	2,45
Consumo de metionina+cistina(mg/ave/dia) ²	565,6	616,3	663,3	709,9	742,4	811,0	684,8	2,65
Consumo de lisina(mg/ave/dia) ¹	670,0	678,0	680,9	683,2	672,5	693,8	679,7	2,45
Produção de ovos(%) ²	90,25	92,16	93,10	93,97	93,68	95,24	93,07	1,89
Eficiência de lisina/ produção total de ovos(g/ave/total ovos) ³	0,742	0,735	0,731	0,727	0,718	0,728	0,730	2,38
Peso de ovo (g) ⁴	54,02	55,20	56,44	57,09	56,60	57,47	56,14	1,94
Massa de ovos (g/ave/dia) ²	49,01	50,90	52,49	53,59	52,97	54,79	52,29	2,68
Conversão alimentar/ massa de ovos (kg/kg) ⁴	1,766	1,730	1,684	1,655	1,663	1,651	1,692	2,29
Conversão alimentar/ dúzia de ovos(kg/dúzia)	1,146	1,147	1,141	1,135	1,130	1,139	1,140	2,32

CV = Coeficiente de variação.

¹ Efeito linear ($P<0,08$) pelo teste F.

² Efeito linear ($P<0,01$) pelo teste F.

³ Efeito linear ($P<0,05$) pelo teste F.

⁴ Efeito quadrático ($P<0,05$) pelo teste F.

entanto, verificou-se um platô no nível de 0,786%, que equivale ao consumo médio de 695 mg/ave/dia de metionina + cistina digestível, uma relação aminoácidos sulfurosos: lisina de 102% e uma massa de ovos de 53,8 g de ovo/ave/dia.

De acordo com os dados de peso e massa de ovos nos níveis de 0,80 e de 0,85% de metionina+cistina digestível, apesar de o consumo desses aminoácidos ter aumentado de 710 para 742 mg/ave/dia, os valores absolutos destes parâmetros reduziram. Considerando que, entre esses tratamentos, a eficiência de utilização de lisina por produção total de ovos melhorou de 0,727 para 0,718 g/ave/produção total de ovos, apesar da redução no consumo de lisina de 683,2 para 672,5 mg/ave/dia, pode-se deduzir que este resultado seria um indicativo de que ocorreu melhora no balanceamento entre os aminoácidos sulfurados e a lisina da ração.

Resultados similares foram encontrados por Schutte et al. (1994) e Zollitsch et al. (1996), que também obtiveram maior massa de ovo com o aumento no consumo de metionina+cistina em poedeiras comerciais. Em estudos conduzidos com poedeiras, Cao et al. (1992) determinaram as exigências de metionina+cistina em 785 mg/ave/dia, para massa de ovos de 54,3 g/ave/dia. No entanto, para massa de ovos de 50,8 g/aves/dia estimaram exigência de 670 mg de metionina+cistina /ave/dia, indicando que é possível a manipulação da massa de ovos pelo consumo de aminoácidos sulfurosos.

A massa de ovos estipulada pelo manual da linhagem Hy-line (2005) para o mesmo período estudado foi de 53,3 g de ovo/ave/dia, com consumos de 603 e de 747 mg/ave/dia de metionina+cistina e lisina digestíveis, respectivamente.

A massa de ovos estipulada pelo manual foi similar à obtida neste experimento, no entanto, o consumo de metionina+cistina foi 13% inferior e o de lisina 9% superior.

Os níveis de suplementação influenciaram ($P < 0,05$) a conversão alimentar por massa de ovos, que variou de forma quadrática, melhorando até o nível estimado de 0,869% de metionina+cistina digestível. Embora tenha variado de forma quadrática, o modelo LRP foi o que apresentou a menor soma dos quadrados dos desvios e que melhor se ajustou aos dados, com platô a partir do nível de 0,785% de metionina+cistina, que corresponde a consumo de 694 mg/ave/dia de aminoácidos sulfurosos e relação de 102% com a lisina.

Para a conversão por dúzia de ovos, não foi constatado efeito significativo ($P \geq 0,05$) pelo modelo de regressão, no entanto, ajustando-se ao modelo LRP, verificou-se um platô no nível de 0,758% de metionina +cistina digestível, que correspondeu a consumo de 669 mg/ave/dia de aminoácidos sulfurosos e relação metionina+cistina:lisina de 98%. Esses resultados estão consistentes com o fato de o consumo de ração ter aumentado menos que a produção em dúzia ou massa de ovos entre os níveis de suplementação avaliados.

Outros autores (Bertechini, 1995; Waldroup & Hellwig, 1995; Narvaez-Solarte, 1996; Rodrigues et al., 1996; Novak et al., 2004; Sá et al., 2007) também observaram melhora na eficiência de utilização da ração para a produção de ovos com a variação dos níveis de aminoácidos sulfurosos digestíveis na dieta, e atribuíram esses resultados ao melhor equilíbrio aminoacídico.

Tabela 3 - Estimativas dos níveis de metionina + cistina digestível considerando os parâmetros de desempenho e produção das aves

Modelo	Equação de regressão	Plateau	Pmáx/Pmín	Exigência (%)	R ²	SQD
Linear						
Consumo de ração	$\hat{Y} = 82,2222 + 7,81391x$	-	-	$\geq 0,900$	0,44	3,4557
Consumo de lisina	$\hat{Y} = 0,633111 + 0,0601672x$	-	-	$\geq 0,900$	0,44	0,0002
Consumo de metionina+cistina	$\hat{Y} = -0,0468159 + 0,943923x$	-	-	$\geq 0,900$	0,99	0,0002
Produção de ovos	$\hat{Y} = 79,636 + 17,3313x$	-	-	$\geq 0,900$	0,90	1,4988
ELP	$\hat{Y} = 103,155 - 10,3168x$	-	-	$\geq 0,900$	0,68	0,0001
Massa de ovos	$\hat{Y} = 36,2816 + 20,6615x$	-	-	$\geq 0,900$	0,89	2,4072
Quadrático						
Peso de ovo	$\hat{Y} = 10,4636 + 106,4x - 60,5126x^2$	-	57,23	0,879	0,94	0,5247
Conversão alimentar/ massa de ovos	$\hat{Y} = 3,48617 - 4,21617x + 2,42309x^2$	-	1,652	0,869	0,98	0,0002
LRP						
Produção de ovos	$\hat{Y} = 74,8248 + 24,2050x$	94,46	-	0,811	0,96	1,5304
ELP	$\hat{Y} = 0,815696 - 0,113093x$	0,728	-	0,772	0,98	0,00001
Peso de ovo	$\hat{Y} = 38,2809 + 24,2020x$	57,05	-	0,776	0,99	0,3832
Massa de ovos	$\hat{Y} = 26,4541 + 34,7868x$	53,78	-	0,786	0,99	1,7240
Conversão alimentar/ dúzia de ovos	$\hat{Y} = 1,20589 - 0,0883374x$	1,139	-	0,758	0,92	0,00001
Conversão alimentar/ massa de ovos	$\hat{Y} = 2,30521 - 0,826282x$	1,656	-	0,785	0,99	0,0001

SQD = Soma dos quadrados dos desvios.

ELP = Eficiência de utilização de lisina por produção total de ovos.

Houve efeito linear crescente ($P < 0,05$) dos níveis de metionina+cistina digestível sobre a porcentagem de gema, mas não houve efeito ($P \geq 0,05$) sobre a porcentagem de casca, de albúmen e de ovos não comerciais (Tabelas 4 e 5).

A maior porcentagem de gema com o aumento dos níveis de metionina+cistina digestível pode estar relacionada à formação da colina a partir de metionina, somada aos fosfolípidios para formar as lipoproteínas da gema. De acordo com Rostagno et al. (2005), a exigência de colina em poedeiras em produção seria de 20 mg/ave/dia, valor superior ao fornecido às aves neste trabalho. De acordo com Novak et al. (2004), a síntese de proteína no tecido do magno, local de produção do albúmen, pode ser afetada por alterações na concentração dos aminoácidos no sangue. No entanto, o aumento da ingestão de metionina+cistina digestível não acarretou aumento na porcentagem de albúmen ($P \geq 0,05$), embora tenha aumentado a produção de albúmen, como verificado pelo aumento no peso dos ovos.

Contrastando com os resultados deste experimento, Scheideler & Elliot (1998) não notaram efeito significativo dos consumos de aminoácidos sulfurosos (520 a 800 mg/ave/dia) na porcentagem de gema. No entanto, Cupertino et al. (2009) trabalharam com consumos entre 536 e 784 mg/ave/dia de metionina+cistina digestível e constataram aumento significativo na porcentagem de gema, quando aumentou o consumo dos aminoácidos sulfurosos.

Segundo Fraser et al. (1998), a base da casca do ovo consiste de uma matriz proteica, assim é possível que o aumento no consumo de aminoácidos sulfurosos influencie na síntese de proteínas nas membranas da casca. Este fato também pode ter ocorrido neste estudo, uma vez que o peso dos ovos aumentou e a porcentagem de casca não foi alterada significativamente. De forma similar a este estudo, Shafer et al. (1996) não verificaram efeito do nível de aminoácidos sulfurosos na porcentagem e no peso da casca

do ovo, quando aumentam o consumo destes aminoácidos de 624 a 822 mg/ave/dia. Igualmente, Scheideler & Elliot (1998) constataram resposta semelhante para porcentagem de casca com diferentes consumos de aminoácidos sulfurosos.

Foi verificado efeito linear decrescente ($P < 0,01$) para os parâmetros índice de gema e de albúmen e unidade haugh. Os melhores índices de gema, de albúmen e unidade haugh foram encontrados para os menores consumos de metionina+cistina digestível. Com o aumento no consumo dos aminoácidos sulfurosos, houve aumento no peso dos ovos ($P < 0,01$) e, quanto maiores os ovos, maior o efeito da gravidade sobre a mensuração da altura da gema e do albúmen. Ou seja, maiores chances de encontrar menores valores de altura dos componentes dos ovos para os ovos de maior peso. Esses valores são decisivos no cálculo dos índices de gema e de albúmen e da unidade haugh.

O valor médio da unidade haugh (95,2) determinado neste estudo foi superior ao apresentado pelo manual da linhagem (91,7) para o mesmo período. Resultados semelhantes foram constatados por Rodrigues et al. (1996), que observaram melhora linear nos valores de unidade haugh dos ovos avaliados à medida que aumentaram os níveis de metionina+cistina nas dietas.

Por outro lado, Togashi et al. (2002) verificaram efeito quadrático dos níveis crescentes de metionina+cistina (493 a 780 mg/ave/dia) nas rações sobre a unidade haugh em experimento com poedeiras de 51 a 63 semanas de idade. No entanto, Novak et al. (2004) não constataram efeito dos níveis de ingestão de aminoácidos sulfurosos (635 a 877 mg/ave/dia) sobre as unidades haugh. Da mesma forma, Sá et al. (2007) não verificaram alteração na qualidade interna dos ovos (índice de albúmen e de gema e unidade haugh) em poedeiras leves e semipesadas de 34 a 50 semanas de idade recebendo níveis de metionina+cistina digestível de 610 a 744 e de 593 a 715 mg/ave/dia.

Tabela 4 - Qualidade interna dos ovos e desempenho de poedeiras alimentadas com rações suplementadas com metionina+cistina digestível

	Nível de metionina+cistina (%)						Média	CV (%)
	0,650	0,700	0,750	0,800	0,850	0,900		
Gema (%) ¹	24,87	24,95	25,20	25,06	25,26	25,49	25,14	1,90
Casca (%)	9,39	8,80	9,14	9,22	8,80	8,96	9,05	3,51
Albúmen (%)	65,74	66,25	65,66	65,72	65,93	65,55	65,81	0,78
Ovos não-comerciais (%)	0,88	0,68	0,59	0,47	0,47	0,56	0,61	78,16
Índice gema ²	0,453	0,456	0,446	0,446	0,448	0,441	0,448	1,34
Índice albúmen ²	0,135	0,136	0,132	0,131	0,131	0,124	0,132	3,71
Unidade Haugh ²	96,00	96,40	95,21	95,14	94,87	93,32	95,16	1,27
Peso inicial (kg/ave)	1,209	1,210	1,198	1,213	1,171	1,188	1,198	2,43
Peso final (kg/ave)	1,429	1,418	1,436	1,469	1,405	1,464	1,437	3,72
Ganho de peso (g/ave) ¹	219,4	207,4	238,4	255,7	233,6	276,4	238,5	17,27

¹ Efeito linear ($P < 0,05$) pelo teste F.

² Efeito linear ($P < 0,01$) pelo teste F.

CV = Coeficiente de variação.

Tabela 5 - Estimativas dos níveis de metionina + cistina digestível considerando parâmetros de qualidade interna dos ovos e de desempenho

Modelo	Equação de regressão	Exigência (%)	R ²	SQD
Linear				
Porcentagem de gema	$\hat{Y}=23,4076 + 2,23402x$	$\geq 0,900$	0,85	0,03839
Índice gema	$\hat{Y}=0,485618-0,0476305x$	$\geq 0,900$	0,72	0,00003
Índice albúmen	$\hat{Y}=0,786017-0,0716816x$	$\geq 0,900$	0,82	0,00001
Unidade de Haugh	$\hat{Y}=103,155-10,3168x$	$\geq 0,900$	0,81	1,0675
Ganho de peso	$\hat{Y}=69,834+217,587x$	$\geq 0,900$	0,67	1012,62

SQD = Soma dos quadrados dos desvios.

Vários fatores podem afetar a qualidade interna dos ovos, como o tempo de armazenamento dos ovos, a idade das aves, a temperatura ambiente, o tipo de aparelhos nas medições, portanto, é comum verificar variação nas respostas nos ensaios experimentais.

Houve efeito linear ($P < 0,05$) dos níveis de metionina+cistina sobre o ganho de peso, que foi, em média 238,5 g durante o período experimental. Para peso inicial e final não foi constatado efeito significativo ($P \geq 0,05$). O valor do ganho de peso das aves ficou acima do estabelecido no manual da linhagem (70 g) no período de 24 a 40 semanas de idade. O peso médio inicial das aves (1,20 kg) foi menor que o estabelecido pelo manual da linhagem (1,47 kg). O peso médio final às 40 semanas de idade (1,44 kg), embora abaixo do estabelecido pelo manual (1,54 kg), foi mais próximo deste, o que indica uma recuperação de massa corpórea pelas aves.

Considerando os dados de consumo dos aminoácidos sulfurosos e de lisina, conclui-se que a resposta de ganho de peso das aves esteve mais relacionada ao consumo de lisina, uma vez que o valor absoluto do ganho de peso reduziu entre os níveis de 0,80 e de 0,85% de metionina+cistina digestível, mas o consumo de lisina diminuiu e o dos aminoácidos sulfurosos aumentou.

O ganho médio de peso, de 192,6 g, foi superior ao estabelecido no manual das poedeiras. Novak et al. (2004) também constataram maior peso das aves no período de 20 a 43 semanas de idade com níveis de ingestão de lisina e de metionina+cistina variando de 860 a 959 e de 635 a 877 mg/ave/dia, respectivamente.

Conclusões

Recomenda-se o nível de 0,772% de metionina+cistina digestível para poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade. Esse nível corresponde a um consumo de 682 mg/ave/dia de metionina+cistina digestível e à relação metionina+cistina:lisina de 100%.

Referências

- ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I. et al. **Nutrição animal**. São Paulo: Nobel, 2003. v.2, 426p.
- 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.; TEIXEIRA, A.S.; CERZER, C.E. Níveis de lisina para poedeiras comerciais leves na fase de pico de postura. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 1995. p.75.
- BERTRAN, H.L.; DANNER, E.; JEROCH, K. et al. The influence of DL-methionine supplementation on the performance of laying hens under heat stress. **Archive Gefl.**, v.59, p.314-318, 1995.
- BREGENDAHL, K.; ROBERTS, S.A.; KERR, B. et al. Ideal ratios of isoleucine, methionine, methionine plus cystine, threonine, tryptophan, and valine relative to lysine for white leghorn-type laying hens of twenty-eight to thirty-four weeks of age. **Poultry Science**, v.87, p.744-758, 2008.
- CAO, Z.; JEVNE, C.; COON, N. The methionine and methods of feeding on feed intake. **Poultry Science**, v.71, Suppl. 1, p.39, 1992. (Abstract.)
- CUPERTINO, E.S.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S. et al. Exigência nutricional de metionina+cistina digestíveis para galinhas poedeiras de 54 a 70 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.7, p.1238-1246, 2009.
- FRASER, A.C.; BAIN, M.M.; SOLOMON, S.E. Organic protein matrix morphology and distribution in the palisade layer of eggshells sampled at selected periods during lay. **British Poultry Science**, v.39, p.225-228, 1998. (Abstract.)
- HAUGH, R.R. The Haugh Unit for measuring egg quality. **United States Egg and Poultry Magazine**, v.4, p.552, 1937.
- JORDÃO FILHO, J.; VILAR DA SILVA, J.H.; SIVA, E.L. et al. Exigências nutricionais de lisina para poedeiras semipesadas. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Santos. **Anais...** Santos, 2003. p.61.
- LEESON, S.; SUMMERS, J.D.; CASTON, L.J. Response of layers to low nutrient density diets. **Journal applied Poultry Research**, v.10, p.46-52, 2001.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of poultry**. 9.ed. Washington: National Academy of Sciences: 1994. 155p.
- 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.
- NELSON, D.L.; COX, M.M. **Lehninger: principles of biochemistry**. 4.ed. New York: W.H. Freeman and Company, 2005. 1119p.
- NOVAK, C.; YAKOUT, H.; SCHEIDELER, S. 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.
- NOVAK, C.; YAKOUT, H.; SCHEIDELER, S. 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. **Poultry Science**, v.85 (suppl.12), p.2195-2206, 2006. (Abstract).
- PARSONS, C.M.; BAKER, D.H. The concept and use of ideal proteins in the feeding of nonruminants. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: SBZ, 1994. p.120-128.
- PETERSEN, C.F.; SAUTER, E.A.; STEELE, E.E. et al. Use of methionine intake restriction to improve egg shell quality by control of egg weight. **Poultry Science**, v.62, p.2044-2047, 1983.
- ROCHA, T.C.; GOMES, P.C.; BARRETO, S.L.T. et al. Exigência de lisina digestível para poedeiras leves no período de 24 a 40 semanas de idade. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2006, Santos. **Anais...** Santos, 2006. p.76-76.
- RODRIGUES, P.B.; BERTECHINI, A.G.; OLIVEIRA, B.L. et al. Fatores nutricionais que influenciam a qualidade do ovo no segundo ciclo de produção. I. Níveis de aminoácidos sulfurosos totais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.25, n.2, p.248-260, 1996.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos - composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, Departamento de Zootecnia, 2005. 186p.
- 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.
- SCHEIDELER, S.E.; ELLIOT, M.A. Total sulfur amino acid (TSAA) intake to maximize egg mass and feed efficiency in young layers (19-45 wk of age). **Poultry Science**, 77 (suppl. 1), p.130. 1998. (Abstract)
- SCHUTTE, J.B.; JONG, J.; BERTRAM, H.L. Requirements of the laying hen for sulfur amino acids. **Poultry Science**, v.73, p.274-280, 1994.
- SHAFER, D.J.; CAREY, J.B.; PROCHASKA, J.F. Effect of dietary methionine intake on egg component yield and composition. **Poultry Science**, v.75, p.1080-1085, 1996.
- SNYDER, E.S. **Eggs, the production, the identification and retention of quality in eggs**. Guelph: Ontario Agricultural College, 1961. 90p.
- TOGASHI, C.K.; FONSECA, J.B.; SOARES, R.T.R.N. et al. Determinação de níveis de metionina+cistina para poedeiras semi-pesadas alimentadas com rações contendo levedura seca (*Saccharomyces cerevisiae*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1426-1433, 2002.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. Central de Processamento de Dados - UFV/CPD. **SAEG - Sistema para análise estatística e genética**. Versão 9.0. Viçosa, MG: UFV, 2005. 54 p.
- WALDROUP, P.W.; HELLWIG, H.M. Methionine and total sulfur amino acid requirements influenced by stage of production. **Journal Applied Poultry Science**, v.4, p.283-292, 1995.
- ZOLLITSCH, W.; ZHIQIANG, C.; PEGURI, A. et al. **Nutrient requirements of laying hens**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG, 1996. p.109-159.