UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

EXIGÊNCIA E BIODISPONIBILIDADES DA METIONINA PARA GALINHAS POEDEIRAS

Naijany Aparecida Pacheco de Sousa

Areia – PB
Agosto de 2015

NAIJANY APARECIDA PACHECO DE SOUSA

Exigência e Biodisponibilidades da Metionina para Galinhas Poedeiras

Dissertação apresentado ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia (PPGZ) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Produção de Não-Ruminantes

Areia – PB
Agosto de 2015

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.

S725e Sousa, Naijany Aparecida Pacheco de.
Exigência e biodisponibilidades da metionina para galinhas poedeiras / Naijany Aparecida Pacheco de Sousa. - Areia: UFPB/CCA, 2015.
xv, 55 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2015.
Bibliografia.
Orientador: José Humberto Vilar da Silva.

1. Galinhas poedeiras – Fontes de metionina 2. Poedeiras leves – Dietas 3. Avicultura – Biodisponibilidade I. Silva, José Humberto Vilar da (Orientador) II. Título.

UFPB/CCA

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

TÍTULO: "Exigência e biodisponibilidade da metionina para galinhas poedeiras".

AUTORA: Naijany Aparecida Pacheco de Sousa

ORIENTADOR: Prof. Dr. José Humberto Vilar da Silva

J U L G A M E N T O

CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES:

Prof. Dr. José Humberto Vilar da SIlva
Presidente
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. José Jordão Filho
Examinador
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Elisanie Neiva Magalhães Teixeira
Examinadora
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Areia, 27 de agosto de 2015

Dedico

A Deus e a minha família, com todo amor,
carinho e gratidão:

Aos meus pais, João Camilo de Sousa e Raimunda da Silva ftacheco de Sousa, pela compreensão, dedicação, acompanhamento e apoio em todos os momentos da minha vida....

A meus irmãos Neirijane e Neilson, e ao meu esposo Adailson, pelo constante carinho e presença...

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me oferecido a oportunidade de chegar até aqui, com saúde, paz e coragem, para conseguir e superar as etapas difíceis da minha vida, proporcionando-me a realização profissional.

Ao professor e orientador Dr. José Humberto Vilar da Silva, pelo acompanhamento, confiança, compreensão e orientação nas etapas mais difíceis da minha formação acadêmica.

Ao meu professor/orientador e amigo Dr. José Jordão Filho, pela amizade, incentivo e orientação na minha vida acadêmica e pessoal.

Ao meu esposo Adailson de Sousa Melo, por todo amor, carinho, paciência e dedicação durante a realização deste trabalho e em todos os outros momentos.

Aos componentes do Laboratório de Pesquisa em Nutrição de Aves (LPNA), Aliton, Erika, Kadoche, Flávio, Mário, todos os voluntários e em especial a Thiago por toda ajuda, apoio e ensinamento no desenvolvimento da minha pesquisa de Dissertação de Mestrado.

A Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento e Cientifico e Tecnológico (CNPq), pelo incentivo e ter sido um fator preponderante na minha vida acadêmica.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Federal da Paraíba - Campus – II, localizado no município de Areia – PB.

Aos meus professores que me acompanharam e compartilharam dos momentos importantes na minha formação acadêmica: Dr. José Humberto Vilar da Silva, Dr. José Jordão Filho, Dra. Terezinha Domiciano, Dr. Breno Henrique, Dr. George Beltrão, Dr. Edvaldo Beltrão, Dr. Leonardo Pascoal, Dra. Maria Fernanda de Queiroz, Dr. Gerson Azeredo, Dr. Marcos Barros, Dr. Silvestre, Dra. Raunira da Costa, Dr. Ítalo Aquino, Msc. Ademir Guilherme, Dr. Alexandre Eduardo Dr. Alexandre Miná.

Aos meus amigos Genilson Barbosa da Silva, Maria José Soares de Lima, Ana Jessica Soares Barbosa, Marcia Cristina, Thiago de Sousa Melo e Aline Maria Simplício por estarem presentes nos momentos de dificuldades durante o percurso da minha vida acadêmica, me dando força para vencer os obstáculos.

Aos meus professores que me acompanharam e compartilharam dos momentos importantes na minha formação acadêmica no programa de pós-graduação: Drª. Patrícia Emília Naves Givisiez, Dr. Edgard Pimenta, Drª. Lindomarcia, Dr. Fernando Perazzo, Dr. Ariosvaldo, Dr. Dermeval Furtado, Dr. Alberízio, Dr. Severino Gonzaga.

Aos meus amigos e colegas do Programa de Pós-Graduação Zootecnaia (PPGZ), Luzia Trajano, Maria de Fátima, Silvana Lima, Francinilda Alves, Gabriel Almeida, Giullyann de Oliveria, Joselito Bastos, Tarsys Noan, Rosangela Ramos, Messias Nogueira. David Silva, Alessandra Eliezer.

A secretária do PPGZ, Graça e a Dona Carmen, pela atenção, paciência e dedicação durante todo o período do mestrado.

Ao coordenador do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Severino Gonzaga Neto, por me auxiliar durante o curso.

A todos meus amigos e amigas que presenciaram todos os momentos de conquistas durante o curso, Genilson Barbosa, Walkleber dos Santos, Dayanna Medeiros, Janaina, Jardeson Márcio, Leonardo de Oliveira, Aline Maria, Ana Jessica, Michele Almeida, Tobias da Silva, Renata Cândido, Auricélia Venâncio, Albanira Duarte, Suel Tavares, Aparecida Barbosa, Luana Costa, Renata de Lima, Nilton Feire, Claudio Luiz, Franciene Santos, Jhonatan Pereira, Thamillys do Nascimento.

Ao chefe do Laboratório de Avicultura, Dr. José Jordão Filho e ao Coordenador Administrativo Dr. Edson Lindolfo da Silva por terem me apoiado em todos os momentos.

A todos os funcionários da UFPB/CCHSA em especial aos do Setor de Avicultura Fabiano Maia, Santino e Seu Nivaldo Dutra, pela ajuda no experimento e amizade.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!!!

PREFÁCIO

Esta dissertação é composta de dois capítulos: **Capítulo I**: Exigência de Metionina Total para Galinhas Poedeiras. **Capítulo II**: Biodisponibilidade da Metionina Hidróxi Análoga Relativa à DL – Metionina para Galinhas Poedeiras.

Páginas

SUMÁRIO

Lista de Tabelas ..... *x*

Lista de Figuras. ..... *xi*

Resumo Geral. ..... *xii*

Abstract. ..... *xiv*

INTRODUÇÃO 16

OBJETIVOS 17

Geral. 17

Especifico. 17

CAPÍTULO 1: *Exigência de Metionina para Galinhas Poedeiras.*

Resumo 19

Abstract. 20

1.1. Introdução 21

1.2. Material e Métodos 22

1.2.1.Local do experimento. 22

1.2.2. Animais e instalações. 22

1.2.3. Dietas Experimentais 23

1.2.4. Variáveis estudadas. 23

1.2.4.1.. Desempenho. 23

1.2.4.2. Qualidade Externa 24

1.2.4.3 Qualidade Interna 24

1.2.5. Análise Estatística 26

1.3. Resultados e Discussão. 27

1.4. Conclusões 40

1.5. Referências. 41

***CAPÍTULO 2**: Biodisponibilidade da Metionina Hidróxi Análoga Relativa à DL – Metionina para Galinhas Poedeiras.*

Resumo 46

Abstract. 47

2.1. Introdução 48

2.2. Material e Métodos 49

2.2.1.Local do experimento. 49

2.2.2. Animais e instalações. 49

2.2.3. Dietas Experimentais 49

2.2.4. Variáveis que serão estudadas. 50

2.2.4.1.. Desempenho. 50

2.2.4.2. Qualidade Externa 51

2.2.4.3 Qualidade Interna 52

2.2.5. Análise Estatística 53

2.3. Resultados e Discussão 53

2.4. Conclusões. 65

2.5. Referências. 66

LISTA DE TABELAS

Páginas

Capítulo 1

Tabela 1. Composição alimentar e nutricional das rações experimentais 25

Tabela 2. Desempenho de poedeiras alimentadas com dietas contendo duas fontes comerciais e diferentes níveis de metionina total. 28

Tabela 3. Produção de ovos e conversão alimentar de poedeiras alimentadas com dietas contendo duas fontes comerciais e diferentes níveis de metionina total 30

Tabela 4. Qualidade interna e externa de ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo duas fontes comerciais e diferentes níveis de metionina total 33

Tabela 5. Componentes de ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo duas fontes comerciais e diferentes níveis de metionina total 35

Tabela 6. Exigência em metionina total, coeficientes de determinação e equações de predição ajustadas para desempenho de poedeiras de 46 a 62 semanas de idade 39

Capítulo 2

Tabela 1. Composição alimentar e nutricional das rações experimentais 51

Tabela 2. Desempenho de poedeiras alimentadas com dietas contendo duas fontes comerciais e diferentes níveis de metionina total. 54

Tabela 3. Qualidade interna e externa de ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo duas fontes comerciais e diferentes níveis de metionina total 56

Tabela 4. Componentes de ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo duas fontes comerciais e diferentes níveis de metionina total. 57

Tabela 5. Valores de biodisponibilidade relativa da metionina hidróxi análoga líquida, obtidos por regressão linear múltipla em base equimolar e em base do produto 62

LISTA DE FIGURAS

Páginas

Capítulo 1

Figura 1. Peso de ovos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo duas fontes comerciais e diferentes níveis de metionina total. 29

Figura 2. Massa de ovos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo duas fontes comerciais e diferentes níveis de metionina total. 29

Figura 3. Produção de ovos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo duas fontes comerciais e diferentes níveis de metionina total. 31

Figura 4. Conversão por massa de ovos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo duas fontes comerciais e diferentes níveis de metionina total. 31

Figura 5. Unidades Haugh de ovos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas diferentes níveis de metionina total. 33

Figura 6. Índice do albúmen ovos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de metionina total. 34

Figura 7. Peso do albúmen de ovos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo duas fontes comerciais e diferentes níveis de metionina total 36

Figura 8. Percentual do albúmen de ovos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo duas fontes comerciais e diferentes níveis de metionina total 37

Figura 9. Percentual da gema de ovos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo duas fontes comerciais e diferentes níveis de metionina total 38

Capítulo 2

Figura 1. Biodisponibilidade da metionina hidroxi análoga (MHA) relativa Dl-metionina (Dl-met) sobre a produção de ovos 58

Figura 2. Biodisponibilidade da metionina hidroxi análoga (MHA) relativa Dl-metionina (Dl-met) sobre a peso do ovo 59

Figura 3. Biodisponibilidade da metionina hidroxi análoga (MHA) relativa Dl-metionina (Dl-met) sobre a massa de ovos. 60

Figura 4. Biodisponibilidade da metionina hidroxi análoga (MHA) relativa Dl-metionina (Dl-met) sobre a conversão por massa de ovos 61

Figura 5. Biodisponibilidade da metionina hidroxi análoga (MHA) relativa Dl-metionina (Dl-met) sobre o peso do albúmen. 61

Exigência e Biodisponibilidades da Metionina para Galinhas Poedeiras

RESUMO GERAL

A formulação de rações com milho e farelo de soja não atende completamente às exigências em metionina, tornando necessária a suplementação deste aminoácido a partir de fontes industriais para suprir a deficiências e elevar a eficiência de utilização da proteína dietética. Nesse sentido foram realizados dois experimentos com objetivo de estimar a exigência de metionina total e a biodisponibilidade relativa de fontes comerciais de metionina para poedeiras leves no período de 46 a 62 semanas de idade. O experimento 1 objetivou determinar exigência de metionina total para poedeiras leves no período de 46 a 62 semanas de idade. Foram utilizadas 330 galinhas poedeiras da linhagem *Hy Line* (Leves). As aves foram distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, em uma dieta basal, deficiente em metionina, e cinco níveis de metionina total, suplementada com DL – metionina e cinco suplementadas com metionina hidróxi análoga, totalizando onze tratamentos de cinco repetições e 6 aves por repetição. Os níveis de metionina total foram calculados em 0,240% para dieta basal e 0,300, 0,336, 0,420, 0,480 e 0,540% para as dietas suplementadas com a DL – Metionina (99%) e MHA (88%). A suplementação com as fontes sintéticas de metionina foram feitas em substituição ao ácido glutâmico e inerte. As variáveis estudadas foram produção de ovos, peso do ovo, massa de ovos, conversão alimentar por massa, gravidade específica dos ovos, espessura da casca, peso e percentuais da gema, albúmen e casca, índice do albúmen, índice da gema, peso da casca por unidade de superfície área e unidades Haugh. O experimento 2 objetivou-se determinar a biodisponibilidade da metionina hidróxi análoga relativa à DL – metionina para poedeiras leves no período de 46 a 62 semanas de idade. As aves foram distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, em uma dieta basal, deficiente em metionina, e três níveis de metionina total, suplementada com DL – Metionina e três suplementadas com metionina hidróxi análoga, totalizando sete tratamentos de cinco repetições e 6 aves por repetição. Os níveis de metionina total foram calculados em 0,240% para dieta basal e 0,300, 0,336, 0,420, para as dietas suplementadas com a DL – Metionina (99%) ou MHA (88%). As variáveis estudadas para a determinação da biodisponibilidade de metionina foram produção de ovos, peso dos ovos, massa de ovos, conversão alimentar e albúmen. As aves mortas e as sobras das dietas foram consideradas para ajustar a produção de ovos e as conversões alimentares. Os resultados da exigência de metionina total, metionina digestível e metionina + cistina

digestível de poedeiras comercias de 46 a 62 semanas de idade são, 0,461, 0,444 e 0,668%, respectivamente. A biodisponibilidade relativa da metionina, obtidos por regressão linear múltipla em base equimolar e em base do produto para metionina hidróxi análoga foi de 108,04% na base equimolar e 95,08% na base do produto e a DL – metionina, sendo esta considerada com 100% de bioeficácia.

Palavras-chave: Biodisponibilidade, exigência, fontes de metionina, poedeiras leves.

Requirement and bioavailability of Methionine for Laying Hens

ABSTRACT

The formulation of diets with corn and soybean meal does not meet fully the requirements in methionine, necessitating supplementation of this amino acid from industrial sources to supply the deficiencies and increase the utilization efficiency of dietary protein. In this sense two experiments were conducted in order to estimate the requirement of total methionine and the relative bioavailability of commercial sources of methionine for laying hens in the period 46-62 weeks of age. The experiment aimed to determine first requirement of total methionine for laying hens in the period 46-62 weeks of age. 330 laying hens Hy Line (Light) were used. Birds were distributed in a completely randomized design in a basal diet deficient in methionine and five levels of total methionine, supplemented with DL - methionine-five supplemented with methionine hydroxy analogue, totaling eleven treatments of five replicates and six birds per repetition. The full methionine levels were calculated for the basal diet 0.240% and 0.300, 0.336, 0.420, 0.480 and 0.540% for diets supplemented with DL - Methionine (99%) and MHA (88%). Supplementation with synthetic methionine sources were made to replace the glutamic acid and inert. The variables studied were egg production, egg weight, egg mass, feed conversion by mass, specific gravity of eggs, shell thickness, weight and percentage of yolk, albumen and shell, albumen index, yolk index, weight bark per unit surface area and Haugh units. Experiment 2 aimed to determine the bioavailability of methionine hydroxy analogue on the DL - methionine for laying hens in the period 46-62 weeks of age. Birds were distributed in a completely randomized design in a basal diet deficient in methionine, and three levels of total methionine, supplemented with DL - Methionine and three supplemented with methionine hydroxy analogue, seven treatments of five replicates and six birds per repetition. The full methionine levels were calculated for the basal diet 0.240% and 0.300, 0.336, 0.420, for diets supplemented with DL - Methionine (99%) or MHA (88%). The variables for the determination of bioavailability of methionine were egg production, egg weight, egg mass, feed conversion and albumen. Dead birds were considered to adjust the egg production and feed conversion. The results of the requirement of total methionine Digestible methionine + cystine and methionine commercials layers 46-62 weeks of age are 0.461, 0.444 and 0.668%, respectively. The relative bioavailability of methionine obtained by the multiple regression equimolar basis and in base of the product to

hydroxy analogue of methionine was at 108.04% 95,08% equimolar basis and in the base of the product and DL - methionine, which is considered with 100% bioavailability.

Keywords: Bioavailability, requirement, methionine sources, laying hens.

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é um dos maiores produtores de ovos do mundo. A avicultura de postura vem que oferecendo ao consumidor produtos de excelente qualidade, enriquecidos com nutrientes capazes de produzir efeitos benéficos à saúde (Pita, et al. 2004). Um dos fatores do crescimento da produção de ovos no Brasil e no mundo se da conscientização dos consumidores que o "ovo" é um dos alimentos mais completos da natureza, constituindo uma série de nutrientes essenciais ao organismo humano (Muramatsu et al. 2005).

O desenvolvimento genético nos últimos anos tem alterado aspectos fisiológicos importantes nas aves de postura, havendo a necessidade de novas pesquisas para equacioná-los, pois, tendo em vista a maior demanda na eficiência produtiva, existe hoje a necessidade de se produzir frangas de reposição que possam refletir, na fase de produção, o potencial genético máximo de eficiência produtiva (Geraldo, et al. 2006).

As dietas formuladas a base de milho e farelo de soja não atendem completamente às exigências em metionina, tornando necessária a suplementação deste aminoácido a partir de fontes industriais para suprir a carência e elevar a eficiência de utilização da proteína dietética. Em condições práticas, rações deficientes em metionina reduzem a produção e o peso dos ovos (Jordão Filho, et al. 2006). Isso se justifica pelo da metionina ser classificada nutricionalmente como primeiro aminoácido limitante em rações a base de milho e de farelo de soja e é um aminoácido essencial para aves, logo, é de fundamental importância que a concentração deste aminoácido nas rações sejam otimizadas para que os outros aminoácidos sejam utilizados com a máxima eficiência para síntese proteica.

Normalmente são utilizadas duas fontes de metionina na suplementação das rações de aves, a DL-metionina e a metionina hidróxi análoga líquida (MHA). A DL-metionina tem sido usada como padrão de fontes de metionina na ração de aves. Sua atividade é de 99% na forma em pó, enquanto o MHA apresenta atividade de 88% na forma líquida. Para produzir a DL-metionina, a mistura deve conter 50% na forma de D-metionina e 50% de L-metionina. A MHA é tipicamente constituída de 65% de monômeros, 23% de polímeros e 12% de água (Lawson e Ivey, 1986). As aves conseguem utilizar apenas a forma L dos aminoácidos para a síntese proteica e outros processos fisiológicos, devendo as formas D ser convertidas para a L pelo organismo animal. Entretanto para converter a MHA em L – metionina enzimas hepáticas e renais catalisam reações de oxidação dos isômeros L e D – MHA usam

intermediários comum (ceto-met) que depois os isômeros “D” são transformados em L – met na oxidação.

A importância da biodisponibilidade das fontes comerciais de metionina tem sido discutida entre os nutricionistas, uma vez que o conhecimento da biodisponibilidade pode assegurar o atendimento das exigências nutricionais em metionina+cistina, permitindo a suplementação das rações de forma efetiva e favorecendo a comparação do preço de mercado dos produtos (Carvalho et al. 2009).

OBJETIVOS

Geral

Estimar a exigência e a biodisponibilidade relativa de fontes comerciais de metionina DL – Metionina e Metionina Hidróxi Análoga para poedeiras leves no período de 46 a 62 semanas de idade.

Específicos

- ✓ Determinar a exigência de metionina para poedeiras leves;
- ✓ Verificar a biodisponibilidade de metionina da Metionina Hidróxi Análoga relativa a DL - metionina na ração de poedeiras leves com base no desempenho e características dos ovos;
- ✓ Recomendar níveis ótimos dessas fontes na ração para poedeiras leves;
- ✓ Melhorar os índices produtivos das aves

CAPÍTULO 1

Exigência de Metionina para Galinhas Poedeiras

Exigência de Metionina para Galinhas Poedeiras

RESUMO

Objetivou-se com esse trabalho estimar as exigências de metionina para poedeiras leves no período de 46 a 62 semanas de idade, utilizando duas fontes comerciais de metionina. Foram utilizadas 330 galinhas poedeiras da linhagem *Hy Line* (Leves). As aves foram distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, e alimentadas com uma dieta basal, deficiente em metionina, e cinco níveis de metionina, suplementada com DL – Metionina e com metionina hidróxi análoga, totalizando onze tratamentos de cinco repetições e 6 aves por repetição. Os níveis de metionina total foram calculados em 0,240% para dieta basal e 0,300, 0,360, 0,420, 0,480 e 0,540% para as dietas suplementadas com a DL – Metionina (99%) e MHA (88%). A suplementação com as fontes sintéticas de metionina foram feitas em substituição ao ácido glutâmico e inerte. As variáveis estudadas foram produção de ovos (%/a/d), peso (g) e massa de ovos (g/a/d), conversão alimentar por massa (kg/kg), gravidade específica dos ovos (g/cm^3), espessura da casca (mm), peso (g) e percentuais da gema, albúmen e casca (%), índice do albúmen, índice da gema, peso da casca por unidade de superfície área (g/cm2) e unidades Haugh. Os resultados da exigência de metionina total, metionina digestível e metionina + cistina digestível de poedeiras comercias de 46 a 62 semanas de idade são, 0,461, 0,444 e 0,668%, respectivamente.

Palavras-chave: Aminoácidos, exigência nutricional, fontes de metionina.

Requirement of Methionine for Laying Hens

ABSTRACT

The objective of this study was to estimate the methionine requirements for laying hens in the period 46-62 weeks of age, using two commercial sources of methionine. Were used 330 laying hens Hy Line (Light). The birds were distributed in a completely randomized design and fed a basal diet deficient in methionine, and five levels of methionine, supplemented with DL - Methionine and similar hydroxy methionine, totaling eleven treatments of five replicates and six birds per repetition. Methionine tel 0.240% were calculated for the basal diet and 0.300, 0.360, 0.420, 0.480 and 0.540% for diets supplemented with DL - Methionine (99%) and MHA (88%). Supplementation with synthetic methionine sources were made in substitution of glutamic acid and inert. The variables studied were egg production (% / a / d) weight (g) and egg mass (g / a / d) Feed conversion by mass (kg / kg), specific gravity of the egg (g / cm3) , shell thickness (mm) weight (g) and percentage of the yolk, albumen and peeling (%), albumen index, yolk index, shell weight per unit surface area (g / cm2) and Haugh units. The results of the requirement of total methionine, digestible methionine and methionine + cystine of commercial laying hens 46-62 weeks old are 0.461, 0.444 and 0.668%, respectively.

Keywords: Amino acid, nutritional requirements, methionine sources.

1.1. Introdução

As diferenças nos valores da exigência de metionina para poedeiras tornam-se mais compreensíveis com as mudanças na genética, nutrição e no manejo a que as aves são submetidas, além dos efeitos da idade, do tipo da dieta e das condições ambientais.

A determinação das exigências de aminoácidos para poedeiras tem ocupado grande espaço na literatura científica, uma vez que é prática universal calcular rações comerciais a partir dos requerimentos de aminoácidos em vez da proteína total.

A metionina, usualmente, é o primeiro aminoácido limitante em rações avícolas, e sua suplementação em dietas de poedeiras resulta em aumento na eficiência da utilização da proteína. Schutte et al. (1994) verificaram que o nível de metionina + cistina exigido para otimizar a conversão alimentar é maior que aquele para maximização da produção de ovos. A metionina na forma de S-adenosilmetionina é o mais importante doador de grupos metil no organismo, sendo exigida para a biosíntese de substâncias envolvidas no crescimento, como cisteína,creatina, carnitina, poliaminas, epinefrina, colina e melatonina (Baker et al., 1996).

Para se obter uma dieta balanceada, formulada à base de milho e soja e que atenda todos os aminoácidos essenciais nas quantidades mínimas exigidas para o bom desempenho das aves, muitas vezes, é necessária a inclusão de aminoácidos sob a forma sintética (Viscentini et al., 2005).

As principais fontes comerciais disponíveis no mercado deste aminoácido são: DL – metionina um produto puro, com mais de 99% de pureza e a metionina hidróxi análoga que se apresenta com 88% de substâncias ativas. Desta forma, o conhecimento do valor nutritivo destas fontes comerciais de metionina torna-se um pré-requisito importante para tomada de decisão sobre qual fonte de metionina utilizar, levando em conta o custo na compra de ingredientes para a formulação de dietas e para a produção animal.

Muitos pesquisadores têm reportado que a adição de metionina industrializada a dietas com baixo teor de proteína promove resultados econômicos satisfatórios (Harms & Miles, 1988; Waldroup & Hellwig, 1995). O NRC (1994) recomenda 300 mg de metionina e 580 mg de metionina+cistina/ ave/dia para poedeiras leves consumindo diariamente 100 g de ração com 15% de PB, enquanto, para poedeiras semipesadas com consumo diário de 110 g de ração com 16,5% de PB, a recomendação é de 330 e 645 mg de metionina e metionina + cistina, respectivamente. Entretanto, Rostagno et al. (2000) sugerem, para poedeiras leves, níveis de 0,336% de metionina digestível e 0,611% de metionina + cistina digestíveis e para

poedeiras semipesadas, 0,346% de metionina digestível e 0,630% de metionina + cistina digestíveis.

Cao et al. (1995) relataram que a deficiência ou o excesso de metionina na ração de poedeiras aumenta a degradação da metionina no fígado. Porém, de acordo com Koelkebeck et al. (1991), poedeiras de alta produção apresentam certa tolerância para excessos individuais de aminoácidos em dietas à base de milho e farelo de soja.

Tendo em vista que as exigências das aves devem ser atualizadas constantemente de acordo com as necessidades da linhagem presente no mercado avícola, com altos padrões de conversão alimentar e com novos requerimentos nutricionais, para maximização do desempenho desse animal, objetivou-se com esse trabalho determinar exigência de metionina para poedeiras leves no período de 46 a 62 semanas de idade, utilizando duas fontes comerciais de metionina a DL – Metionina e a metionina hidróxi análoga.

1.2. Material e Métodos

1.2.1. Local do estudo

O experimento foi conduzido no Laboratório de Avicultura do Departamento de Ciência Animal (DCA) do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus III, situado na cidade de Bananeiras, Paraíba com latitude sul 6°45´12 e longitude oeste 35°37´30´´de Greenwich, com altitude de 552 metros acima do nível do mar, com média pluviométrica de 1400 mm/ano. A temperatura ambiental média foi de 22,9ºC, com máxima de 27,8ºC e mínima de 18,9ºC, com umidade relativa média de 77,3%, com máxima de 91,5% e mínima de 58,3% no período de Janeiro a Maio de 2014.

1.2.2. Animais e instalações

Foram utilizadas 330 galinhas poedeiras da linhagem *Hy Line* (Leves) de 46 a 62 semanas de idade. O trabalho teve duração de 112 dias, dividido em quatro (4) ciclos de 28 dias. As aves foram submetidas a um programa de luz de 17 horas por dia (5 horas de luz artificial + 12 horas de luz natural). As aves foram alojadas em gaiolas de arame galvanizados em densidade de 562 cm^2/ave, dispostas em duas fileiras de gaiolas sobrepostas, separadas por um corredor central de 0,80 m de largura. O galpão experimental possui cobertura de

telhas tipo canal em duas águas com pé direito de 1,8 m de altura e 2,8 m de largura, com área de 75,6 m^2, com orientação no sentido Leste-Oeste.

1.2.3. Dietas Experimentais

As aves foram distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, em uma dieta basal, deficiente em metionina, e cinco níveis de metionina total, suplementada com DL – Metionina e cinco suplementadas com metionina hidróxi análoga, totalizando onze tratamentos de cinco repetições e 6 aves por repetição.

As rações experimentais foram formuladas para atender exigências nutricionais isoenergéticas e isoproteicas para poedeiras leves, segundo as recomendações de Rostagno *et al*. (2011), de acordo com o apresentado na Tabela 1. Foram oferecidas 95g de ração/ave/dia, com água à vontade, durante todo o período experimental. Os níveis de metionina total foram calculados em 0,240% para dieta basal e 0,300, 0,360, 0,420, 0,480 e 0,540% para as dietas suplementadas com a DL – Metionina (99%) e MHA (88%). A suplementação com as fontes sintéticas de metionina foram feitas em substituição ao ácido glutâmico e inerte.

1.2.4. Variáveis estudadas

As variáveis estudadas foram produção de ovos (%/a/d), peso (g) e massa de ovos (g/a/d), conversão alimentar por massa (kg/kg), gravidade específica dos ovos (g/cm^3), espessura da casca (mm), peso (g) e percentuais da gema, albúmen e casca (%), índice do albúmen, índice da gema, peso da casca por unidade de superfície área (g/cm^2) e unidades Haugh.

As aves mortas e as sobras das dietas foram consideradas para ajustar o consumo, a produção de ovos e as conversões alimentares.

1.2.4.1. Desempenho

A produção de ovos foi calculada pela porcentagem de ovos coletados diariamente em relação ao número médio de aves em cada período experimental.

O peso dos ovos corresponderá à média do peso dos ovos produzidos no início, meio e fim de cada fase, 0, 14 e 28 dias, respectivamente, e a massa de ovos, ao produto entre a porcentagem de ovos produzidos e o peso médio dos ovos. A conversão alimentar foi expressa em quilos de ração por ovos produzida e em quilos de ração por massa de ovos produzida, e a conversão por dúzia foi calculada pela relação entre o consumo de ração por dúzia de ovos produzidos.

A massa de ovos foi determinada pelo produto da produção de ovos e do peso médio dos ovos por parcela.

1.2.4.2. Qualidade Externa

A gravidade específica: foi determinada pelo método de flutuação salina, conforme metodologia descrita por Hamilton (1982). Foram utilizados 16 soluções salinas, com variação da densidade em 0,0025 unidades, iniciando por 1,060 até 1,100. Para isso, foi utilizados 16 baldes com capacidade de 10 litros, um densímetro de petróleo com escala de 1,050 a 1,100, uma cesta de plástico, água e sal comum, sempre com ovos produzidos no início, meio e fim de cada fase experimental, 0, 14 e 28 dias, respectivamente. A espessura da casca foi determinada em três pontos distintos utilizando-se para isso um micrometro Ames®, modelo 27M, utilizando ovos produzidos no início, meio e fim de cada fase experimental, 0, 14 e 28 dias, respectivamente.

1.2.4.3. Qualidade Interna

Os percentuais da gema, albúmen e casca foram determinados com a quebra dos ovos e separação manual dos componentes, as cascas serão mantidas em estufa a 105 ºC por 2 horas. As porcentagens foram obtidas dividindo-se os pesos de albúmen, gema e casca pelo peso médio dos ovos e o resultado será multiplicado por 100.

Para determinação do diâmetro da gema e albúmen foi utilizado um paquímetro digital, por meio das seguintes equações:

Índice do albúmen = altura do albúmen (mm)/diâmetros do albúmen (mm).

Índice da gema = altura da gema (mm)/ diâmetros da gema (mm).

Tabela 1. Composição alimentar e nutricional das rações experimentais

Ingredientes	**Níveis de metionina total (%)**										
	0,24	**0,30**	**0,36**	**0,42**	**0,48**	**0,54**	**0,30**	**0,36**	**0,42**	**0,48**	**0,54**
		Fontes									
	DD[1]	**DL-Metionina**					**MHA**				
Milho grão	60,852	60,852	60,852	60,852	60,852	60,852	60,852	60,852	60,852	60,852	60,852
Farelo Soja 45%	23,892	23,892	23,892	23,892	23,892	23,892	23,892	23,892	23,892	23,892	23,892
Calcário	9,767	9,767	9,767	9,767	9,767	9,767	9,767	9,767	9,767	9,767	9,767
Fosfato Bicálcico	1,057	1,057	1,057	1,057	1,057	1,057	1,057	1,057	1,057	1,057	1,057
Óleo de Soja	2,068	2,054	2,041	2,027	2,014	2,000	2,061	2,055	2,049	2,043	2,037
L-Ácido Glutâmico	0,700	0,639	0,578	0,517	0,457	0,396	0,640	0,581	0,521	0,462	0,402
DL-Metionina 99%	0,000	0,061	0,121	0,182	0,242	0,303	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MHA - FA 88%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,068	0,136	0,205	0,273	0,341
Proteína Isolada de Soja	0,505	0,505	0,505	0,505	0,505	0,505	0,505	0,505	0,505	0,505	0,505
L-Treonina	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062
Sal comum	0,537	0,537	0,537	0,537	0,537	0,537	0,537	0,537	0,537	0,537	0,537
Cloreto de Colina 60%	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Premix Vitamínico	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Premix Mineral	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
BHT	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Inerte	0,200	0,214	0,228	0,241	0,255	0,269	0,198	0,195	0,193	0,190	0,188
Total	**100,000**	**100,000**	**100,000**	**100,000**	**100,000**	**100,000**	**100,000**	**100,000**	**100,000**	**100,000**	**100,000**
Composição química	**Atendimento das Exigências Nutricionais**										
Proteína Bruta (%)	16,500	16,500	16,500	16,500	16,500	16,500	16,500	16,500	16,500	16,500	16,500
EMAn (Mcal/kg)	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800
Cálcio (%)	4,020	4,020	4,020	4,020	4,020	4,020	4,020	4,020	4,020	4,020	4,020
Fósforo Disponível (%)	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Potássio (%)	0,614	0,614	0,614	0,614	0,614	0,614	0,614	0,614	0,614	0,614	0,614
Sódio (%)	0,230	0,230	0,230	0,230	0,230	0,230	0,230	0,230	0,230	0,230	0,230
Cloro (%)	0,395	0,395	0,395	0,395	0,395	0,395	0,395	0,395	0,395	0,395	0,395
Lisina Total (%)	0,816	0,816	0,816	0,816	0,816	0,816	0,816	0,816	0,816	0,816	0,816
Lisina Dig. Aves (%)	0,730	0,730	0,730	0,730	0,730	0,730	0,730	0,730	0,730	0,730	0,730
Metionina Total (%)	**0,240**	**0,300**	**0,360**	**0,420**	**0,480**	**0,540**	**0,300**	**0,360**	**0,420**	**0,480**	**0,540**
Metionina Dig. Aves (%)	0,223	0,282	0,344	0,406	0,468	0,530	0,282	0,344	0,406	0,468	0,530
Met + Cys Total%)	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507
Met + Cys Dig. Aves (%)	0,447	0,447	0,447	0,447	0,447	0,447	0,447	0,447	0,447	0,447	0,447
Treonina Total (%)	0,687	0,687	0,687	0,687	0,687	0,687	0,687	0,687	0,687	0,687	0,687
Treonina Dig. Aves (%)	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600
Triptofano Total (%)	0,192	0,192	0,192	0,192	0,192	0,192	0,192	0,192	0,192	0,192	0,192
Triptofano Dig. Aves (%)	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169
Arginina Total (%)	1,039	1,039	1,039	1,039	1,039	1,039	1,039	1,039	1,039	1,039	1,039
Arginina Dig. Aves (%)	0,964	0,964	0,964	0,964	0,964	0,964	0,964	0,964	0,964	0,964	0,964
Valina Total (%)	0,752	0,752	0,752	0,752	0,752	0,752	0,752	0,752	0,752	0,752	0,752
Valina Dig. Aves (%)	0,672	0,672	0,672	0,672	0,672	0,672	0,672	0,672	0,672	0,672	0,672
IsoleucinaTotal (%)	0,678	0,678	0,678	0,678	0,678	0,678	0,678	0,678	0,678	0,678	0,678
Isoleucina Dig. Aves (%)	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605

[1]Recomendações nutricionais de Rostagno et al. (2011)
[2]Composição/kg de produto: Vit. A: 12.000.000 UI, Vit D3: 3.600.000 UI., Vit. E: 3.500 UI.,Vit B1: 2.500 mg, Vit B2: 8.000 mg, Vit B6: 5.000mg, Ácido pantotênico: 12.000mg, Biotina: 200mg, Vit. K: 3.000 mg, Ácido fólico: 1.500 mg, Ácido nicotínico: 40.000 mg, Vit. B12: 20.000 mg, Se: 150 mg, Veículo q.s.p.: 1.000 g.
[3]Composição/kg de produto: Mn: 160g, Fe: 100g, Zn: 100g Co: 20g, Co: 2g, I: 2g, Excipiente q.s.p.: 1000g.

O peso da casca por unidade de superfície de área (PCSA) foi calculado utilizando-se a equação de adaptada de Rodrigues et al. (1996).

Em que: PC = Peso da casca (g); **PO** = Peso do Ovo (g).

Para determinação da Unidade Haugh, cada ovo foi pesado e em seguida quebrado sobre uma superfície de vidro e com a utilização de micrometro de profundidade (modelo S-8400, Ames®), onde foi medida a altura do albúmen denso em milímetros, segundo a metodologia de Eisen *et al*. (1962). Com as medidas de peso e altura do albúmen, foram realizados os cálculos utilizando-se a equação.

Em que: UH = Unidades Haugh; **H** = altura do albúmen (mm); **P** = peso do ovo (g).

1.2.5. Análise Estatística

As variáveis estudadas foram analisadas utilizando-se o modelo estatístico, em um delineamento inteiramente causalizado. Os parâmetros avaliados utilizou-se um experimento em esquema fatorial (2x5) com cincos repetições de seis aves/cada.

Em que:

Y_{ijkm} = valor observado para as variáveis m das dietas *i* que consumiram os níveis de metionina total *j* com diferentes períodos de armazenamento j;

μ = média geral do experimento;

F_i = efeito das fontes de metionina comercial *i*;

N_j = efeito dos níveis de metionina total *j*;

(PT_{ij}) = efeito das fontes de metionina *i* com os níveis de metionina total *j*;

(E_{ijm}) = erro experimental associado a cada observação.

Foi utilizado o teste Hartley para verificar a homogeneidade de variâncias. Não havendo interação entre os fatores, o resultado do teste F para as fontes e os níveis de metionina comercial foi considerando conclusivo. Refutando a hipótese de igualdade dos

tratamentos previamente mencionados, foi aplicado o teste de Tukey para analisar diferença entre as médias.

As exigências de metionina total para poedeiras comerciais foram estimados por análise de regressão, considerando o nível de significância, o coeficiente de determinação e a resposta biológica do animal.

Para objetividade da informação, apenas os efeitos de interação simples foram considerados na interpretação dos dados. A análise estatística foi realizada mediante o uso do Software "Statistical Analysis System" (SAS, 2009), adotando o nível de 5% de significância.

1.3. Resultados e Discussão

Não houve efeito das fontes de metionina (DL – metionina e a metionina hidróxi análoga) na dieta sobre o desempenho das poedeiras ($P \leq 0,05$). Por outro lado, os níveis de metionina (0,30, 0,36, 0,42, 0,48, 0,52%) afetaram ($P \leq 0,05$) a produção de ovos, o peso de ovos, a massa de ovos e a conversão por massa de ovos. Os níveis de 0,48 e 0,54% de metionina total apresentaram maiores valores para produção de ovo (84,78 e 84,66%), peso de ovo (63,54 e 64,07g) e massa de ovo, (53,86 e 54,24g/a/d) em relação aos demais níveis avaliados. Consequentemente, o melhor valor para conversão por massa de ovos foi para o nível 0,54% de metionina ($P<0,05$) (Tabela 2).

Não houve efeito de interação ($P>0,05$) entre fontes e os níveis de metionina para peso do ovo e massa do ovo. No entanto a interação, níveis de metionina total versus fontes de metionina afetaram ($P>0,05$) a produção de ovos e a conversão por massa de ovos (Tabela 2).

Constatou-se efeito significativo pelo modelo de regressão polinomial dos diferentes níveis de metionina para as variáveis de peso dos ovos ($P<0,0001$) e a massa dos ovos ($P<0,001$) (Figura 1e 2).

Tabela 2. Desempenho de poedeiras alimentadas com dietas contendo duas fontes comerciais e diferentes níveis de metionina

Fontes de Metionina (FM)	**Produção de ovos (%)**	**Peso de ovos (g)**	**Massa de ovos (g/a/d)**	**Conversão por massa de ovos (g/g^{-1})**
DL-Metionina	82,42[a]	62,74[a]	51,74[a]	1,772[a]
MHA	82,71[a]	63,18[a]	52,26[a]	1,790[a]
Níveis de metionina total (NM) (%)				
0,30	78,87	61,14	48,22	1,809
0,36	81,97	62,25	51,03	1,817
0,42	82,53	63,78	52,65	1,788
0,48	84,78	63,54	53,86	1,760
0,54	84,66	64,07	54,24	1,731
Anova				
FM	0,3831	0,2906	0,2022	0,2275
NM	<0,0001	0,0002	<0,0001	0,0022
FM x NM	0,0002	0,6307	0,1115	0,0006
CV (%)	**1,40**	**2,29**	**2,71**	**2,80**

[a,b]Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na coluna diferem entre si pelo teste F ($P \leq 0,05$); Probabilidade: *($P<0,001$); **($P<0,0001$)..

Um maior peso de ovos foi constatado no nível 0,496% de metionina conforme a equação de regressão $y = 43,221 + 83,83x - 84,47x^2$ ($r^2 = 0,98$), (Figura 1). Os menores níveis de suplementação de metionina nas rações resultaram em ovos mais leves, o que confirma os resultados obtidos por Mendonça Jr. & Lima (1999), em poedeiras no segundo ciclo de postura.

No entanto Carvalho (2005) observou efeito linear para o peso de ovos à medida que aumentou o nível de suplementação de metionina na ração, sugerindo nível de metionina influência no peso dos ovos conforme já descrito por Harms e Russel (1993). Koelkebeck et al. (1991) estudaram adição de 1% de aminoácidos em excesso (lisina, metionina, treonina ou triptofano) e observaram maior peso dos ovos nas aves alimentadas com a dieta suplementada com metionina. Shafer et al. (1996) avaliaram a ingestão de 326 e 512 mg/ave/dia de metionina e notaram maior peso dos ovos, massa de ovos e sólidos totais quando utilizaram o mais alto nível do aminoácido.

Sohail et al. (2002), ao estudarem os efeitos de dietas formuladas com três níveis de aminoácidos sulfurados totais e de proteína (0,81 e 18,05; 0,72 e 16,66 e 0,65 e 15,55% de aminoácidos sulfurados totais e proteína, respectivamente), em 960 poedeiras da linhagem *Hy-Line* com 21 semanas de idade sobre o peso dos ovos, observaram avanço linear deste

parâmetro à medida que se aumentava a porcentagem de aminoácidos sulfurados totais da dieta.

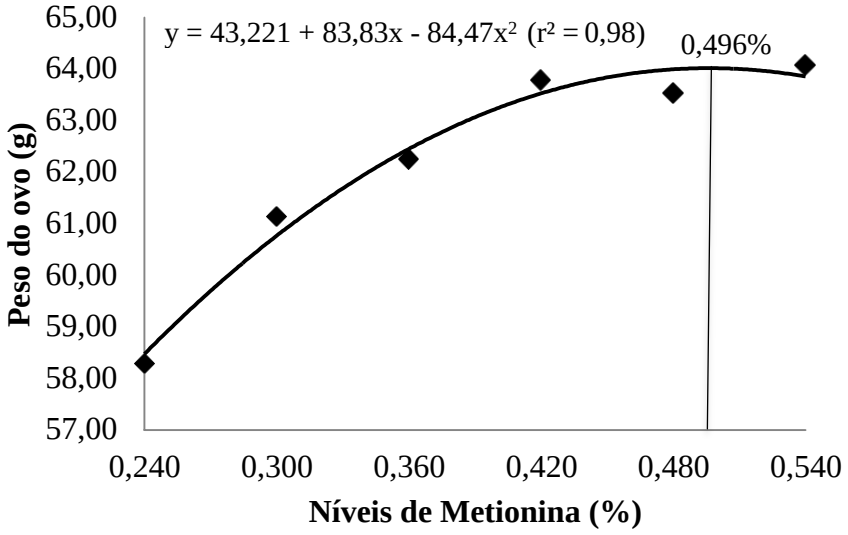

Figura 1. Peso de ovos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo duas fontes comerciais e diferentes níveis de metionina.

A massa de ovos também foi influenciada de forma quadrática ($P \leq 0,05$) pelos níveis metionina da dieta com consumo máximo estimado no nível 0,475% de metionina conforme observado pela equação de regressão $y = -10,12 + 273x - 287,63x^2$ ($r^2 = 0,95$), (Figura 2).

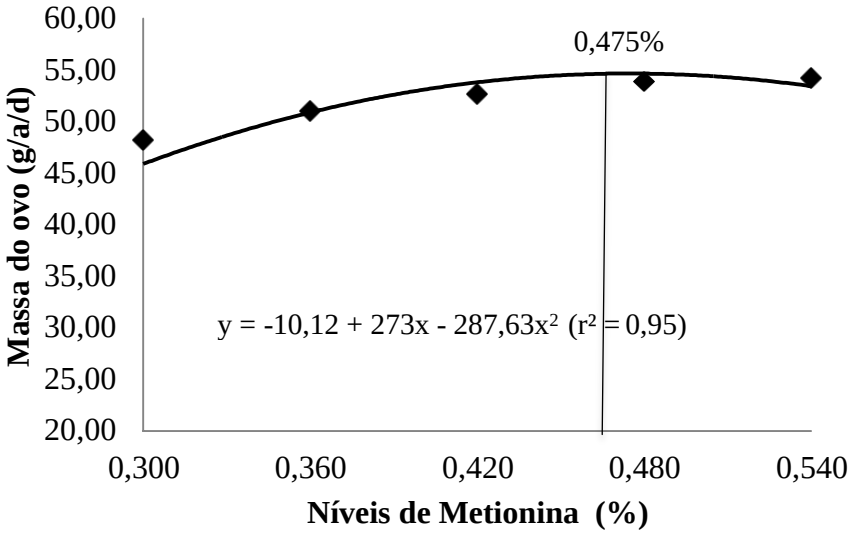

Figura 2. Massa de ovos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo duas fontes comerciais e diferentes níveis de metionina.

Os efeitos resultantes das interações entre os níveis de metionina e as fontes comerciais de metionina sobre as variáveis de produção de ovos e conversão por massa de ovos são apresentados na Tabela 3.

Analisando o efeito dos níveis de metionina em função das fontes de metionina podemos observar que a metionina hidróxi análoga apresentou melhor produção de ovos (80,61%) no nível 0,30% de metionina em relação a DL – metionina (77,12%), por outro lado, a DL – metionina apresentou melhor produção de ovos 85,54% no nível 0,54% em relação à metionina hidróxi análoga, os demais níveis não apresentaram diferença estatística. Já para conversão por massa de ovos foi observado que a metionina hidróxi análoga apresentou melhor conversão (1,749kg/kg) no nível 0,30% em relação a DL – metionina (1,868kg/kg), entretanto a DL – metionina apresentou melhor conversão (1,779kg/kg) no nível 0,36% em relação a metionina hidráxi análoga (1,855kg/kg), os demais níveis não apresentaram diferença estatística (Tabela 3).

Os efeitos dos desdobramentos das interações entre os níveis de metionina e as fontes comerciais de metionina sobre as variáveis de produção de ovos e conversão por massa de ovos são apresentados na (Figura 3 e 4).

Tabela 3. Produção de ovos e conversão alimentar de poedeiras alimentadas com dietas contendo duas fontes comerciais e diferentes níveis de metionina

Níveis de Metionina (%)	**Fontes de Metionina**			
	DL-Metionina	**MHA**	**DL-Metionina**	**MHA**
	Produção de ovos (%)		*Conversão por massa de ovos (kg/kg)*	
0,30	$77,12^{dB}$	$80,61^{cA}$	$1,868^{aA}$	$1,749^{bB}$
0,36	$82,19^{cA}$	$81,74^{bcA}$	$1,779^{abB}$	$1,855^{aA}$
0,42	$82,71^{bcA}$	$82,36^{bcA}$	$1,771^{bA}$	$1,805^{abA}$
0,48	$84,53^{abA}$	$85,03^{aA}$	$1,740^{bA}$	$1,780^{abA}$
0,54	$85,54^{aA}$	$83,79^{abB}$	$1,703^{bA}$	$1,759^{bA}$

^{a,b}Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na coluna são significativos pelo teste Tukey (P≤0,05);
^{A,B}Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na linha são significativos pelo teste de "F" (P≤0,01);

A produção dos ovos apresentou efeito de regressão quadrática (P<0,001), pelo modelo polinomial dos níveis de metionina total dentro de cada fonte de metionina comercial, com níveis de metionina máximos estimados de 0,476% para DL – metionina e 0,456 para metionina hidróxi análoga conforme as equações de regressão (DLM $y= 5,343 + 337,83x – 354,76x^2$) e (MHA $y= 2,15 + 366,402x – 402,135x^2$) (Figura 3).

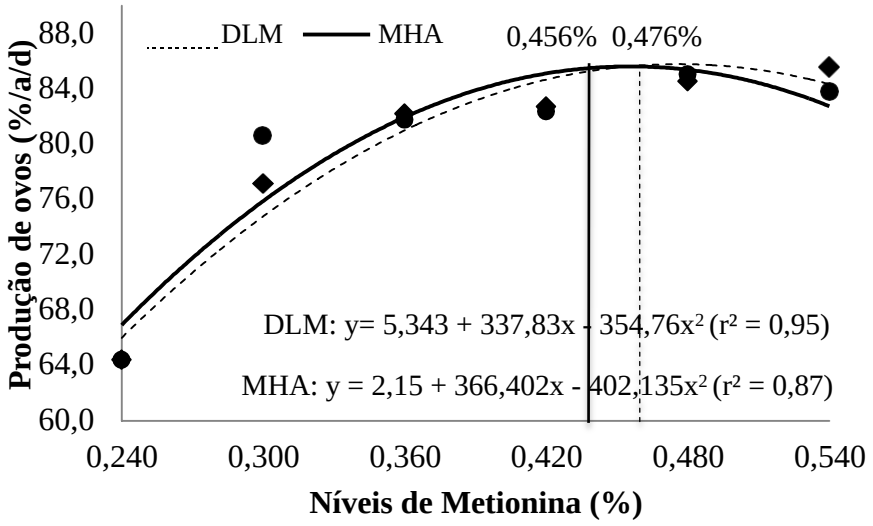

Figura 3. Produção de ovos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo duas fontes comerciais e diferentes níveis de metionina.

A conversão por massa de ovo (P<0,0001) foi afetada de forma quadrática em função das fontes metionina dentro de cada nível de metionina total conforme descritos nas equações de regressão, DLM (y= 3,23 – 6,323x + 6,58x^2) e MHA (y= 3,05 – 5,69x + 6,2044x^2), com níveis de metionina total máximos estimados de 0,480% para DL – metionina e 0,459 para metionina hidróxi análoga (Figura 4).

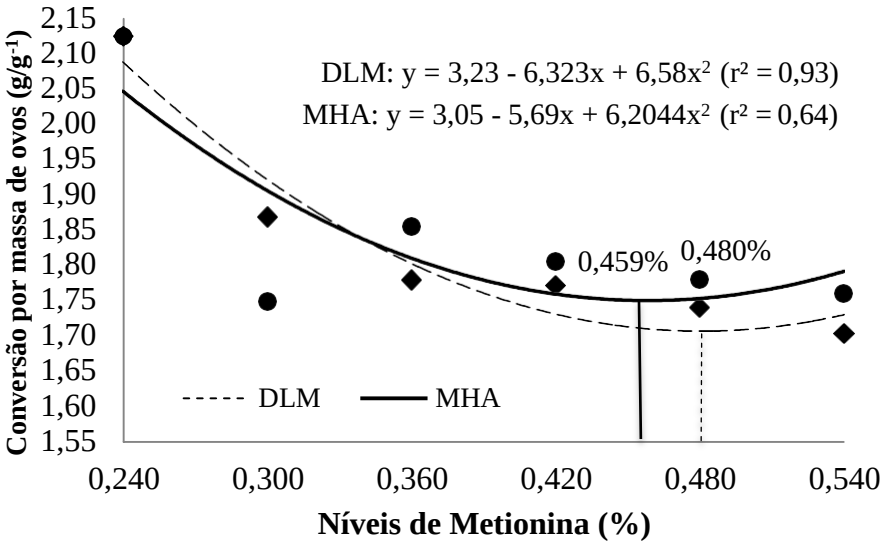

Figura 4. Conversão por massa de ovos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo duas fontes comerciais e diferentes níveis de metionina.

Esses resultados estão de acordo com Silva (2010), estudando diferentes níveis de metionina encontrou efeito quadrático para, produção dos ovos e massa de ovos, porém os

valores estimados através da equação de regressão foram menores para produção de ovos (0,444%) e massa de ovos (0,458%) em relação aos apresentados nesse trabalho.

Os resultados de qualidade interna e externa dos ovos de poedeiras leves para as variáveis de unidade Haugh, índice do albúmen, índice da gema, gravidade específica, espessura da casca e peso da casca por unidade de superfície área em função das fontes e dos níveis de metionina são apresentados na (Tabela 4).

Nenhuma diferença estatística (P≤0,05) pelo teste F foi observada quando analisada as variáveis de qualidades interna e externa dos ovos de poedeiras leves em função das fontes de metionina a DL – metionina e a metionina hidróxi análoga utilizadas na dieta (Tabela 4).

Não houve efeito significativo (P>0,05) em função dos níveis de metionina total sobre as características de qualidade dos ovos (índice da gema, espessura da casca, gravidade específica e peso da casca por unidade de superfície área). (Tabela 4). Esses resultados estão de acordo com Silva (2010) avaliando diferentes níveis de metionina (0,225 0,318 0,411 0,505), também não observou efeito significativo sobre os parâmetros de qualidades de ovos. Ahmad et al. (1997), que, ao avaliarem os efeitos da metionina adicional em dietas para poedeiras, verificaram que os níveis de metionina não influenciaram a gravidade específica dos ovos.

Polese (2011), também não observou efeito significativo (P>0,05) dos níveis de metionina+cistina digestível sobre a gravidade específica, espessura da casca, porcentagem da casca e peso da casca por de superfície área. Esses resultados reforçam os obtidos por Togashi (2002), onde os níveis de metionina não afetaram a porcentagem por superfície área. Rodrigues et al. (1996) também não observaram diferenças na qualidade da casca quando avaliada pela PCSA.

Quando analisada os níveis de metionina total pode-se observar que os mesmo afetaram (P>0,05) as variáveis de unidade Haugh e índice do albúmen. Sendo que os níveis 0,30, 0,36 e 0,42% de metionina total apresentou maior valor de unidade Haugh (102,58, 102,37 e 102,10) em relação ao outros níveis avaliados, consequentemente esses mesmo níveis influenciaram num maior índice do albúmen (0,161, 0,160 e 0,156) (Tabela 4).

Não houve efeito de interação entre os níveis de metionina, fontes de metionina e níveis de metionina versos fontes de metionina para as variáveis de índice da gema, gravidade específica, espessura da casca e peso da casca por unidade de superfície área. Por outro lado, a interação níveis de metionina afetaram a unidade Haugh e o índice do albúmen (Tabela 4).

Tabela 4. Qualidade interna e externa de ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo duas fontes comerciais e diferentes níveis de metionina

Fontes de Metionina (FM)	**Unidades Haugh**	**Índice do Albúmen**	**Índice da Gema**	**Gravidade específica (g/cm^3)**	**Espessura da casca (mm)**	**Peso da casca por unidade de superfície área (g/cm^2)**
DL-Metionina	101,95[a]	0,156[a]	0,465[a]	1,082[a]	0,354[a]	7,509[a]
MHA	101,75[a]	0,153[a]	0,463[a]	1,083[a]	0,359[a]	7,708[a]
Níveis de Met Total (NM)(%)						
0,30	102,58	0,161	0,463	1,082	0,363	7,757
0,36	102,37	0,160	0,463	1,082	0,356	7,467
0,42	102,10	0,156	0,463	1,082	0,357	7,615
0,48	101,51	0,145	0,467	1,082	0,353	7,642
0,54	100,69	0,151	0,463	1,082	0,356	7,562
Probabilidade						
FM	0,4976	0,2464	0,7122	0,0541	0,2092	0,0741
NM	0,0014	0,0001	0,9270	0,8062	0,6554	0,5518
FM x NM	0,2834	0,7781	0,4309	0,4473	0,2467	0,5737
CV (%)	**1,06**	**5,14**	**2,71**	**0,14**	**4,04**	**5,05**

[a,b]Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na coluna são significativos pelo teste F (P≤0,05);
[A,B]Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna são significativos pelo teste de "Tukey" (P≤0,05);
Probabilidade: *(P<0,001); *(P<0,0001).

A unidade Haugh foi afetada (P<0,001); de forma quadrática, sendo nível máximo estimado em 0,339% de metionina total obtidos pela equação de regressão ($y= 97,442 + 30,19x – 44,56x^2$) (Figura 5).

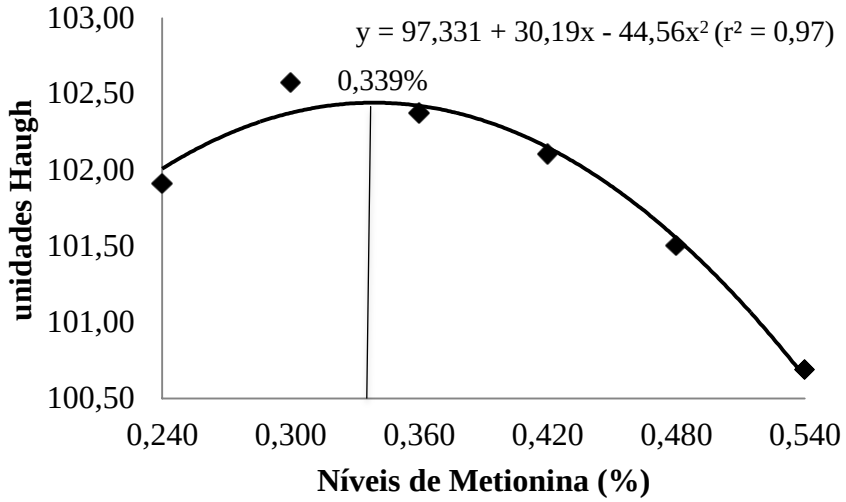

Figura 5. Unidades Haugh de ovos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas diferentes níveis de metionina.

O índice do albúmen foi influenciado pelo nível de metionina. O índice do albúmen dos ovos das poedeiras alimentadas com as fontes foi afetado (P<0,0001); de forma linear, ou seja, à medida que aumentou o nível de metionina na dieta diminui-o o índice do albúmen (Figura 6).

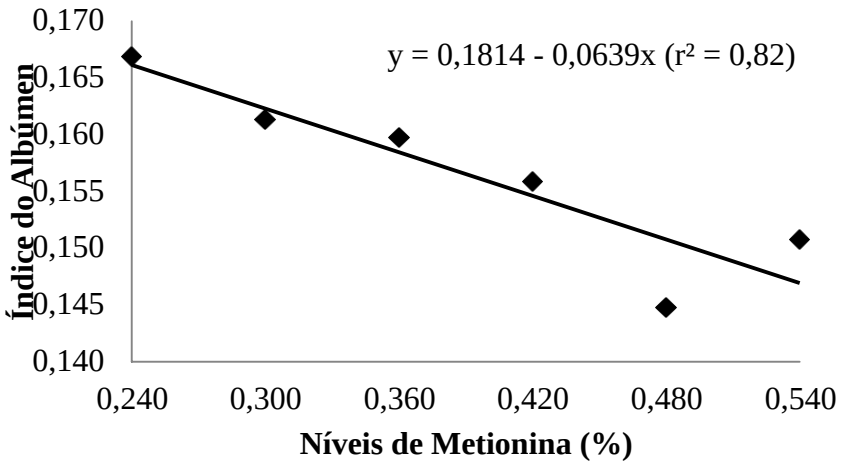

Figura 6. Índice do albúmen ovos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de metionina.

Beterchini et. al. (1995) trabalhando com poedeiras comerciais semipesadas na fase de pico de produção, verificaram que o aumento de aminoácidos sulfurosos totais na ração provocaram redução linear nos valores de unidade Haugh (100,6; 97,5; 96,1; 95,7 e 93,5). Brumado, et al. (2010) também observou 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. Porém discordam com Narváez-Solarte (1996) trabalhando com níveis de metionina+cistina na ração e notaram aumento linear do índice de albúmen e unidade Haugh com o aumento dos níveis de metionina na ração para poedeiras leves e semipesadas.

Na tabela 5 estão apresentados os resultados dos componentes de ovos de poedeiras leves alimentadas com dietas contendo duas fontes comerciais a DL – metionina e a metionina hidróxi análoga e diferentes níveis de metionina.

Quando analisado os componentes dos ovos de poedeiras em função das fontes de metionina total a DL – metionina e metionina hidróxi análoga pode-se observar que as mesmas não influenciaram estatisticamente (P≤0,05) o peso e a porcentagem do albúmen, gema e casca (Tabela 5).

Os níveis metionina total não afetaram de forma significativa o peso da gema e casca e a porcentagem da casca. Por outro lado o peso do albúmen e o percentual de albúmen e gema apresentaram efeito significativo pelo teste de Tukey (P≤0,05) em função dos níveis de metionina total. Os níveis 0,36, 0,42, 0,48 e 0,54% de metionina total apresentaram maiores valores para peso do albúmen (41,23; 41,17 e 41,53g), e porcentagem do albúmen (64,23, 64,51, 64,86 e 65,20%), entretanto foi observado um maior percentual de gema nos níveis 0,30, 0,36, 0,42 e 0,48% de metionina (Tabela 5).

Tabela 5. Componentes de ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo duas fontes comerciais e diferentes níveis de metionina

Fontes de Metionina (FM)	**Peso (g)**			**Percentual (%)**		
	Albúmen	**Gema**	**Casca**	**Albúmen**	**Gema**	**Casca**
DL-Metionina	40,18[a]	16,66[a]	5,54[a]	64,38[a]	26,74[a]	8,88[a]
MHA	40,68[a]	16,59[a]	5,71[a]	64,55[a]	26,40[a]	9,06[a]
Níveis de Met Total (NM)(%)						
0,30	38,45	16,44	5,59	63,51	27,23	9,26
0,36	39,77	16,66	5,47	64,23	26,95	8,81
0,42	41,23	16,95	5,69	64,51	26,59	8,90
0,48	41,17	16,58	5,69	64,86	26,16	8,97
0,54	41,53	16,49	5,67	65,20	25,91	8,90
Probabilidade						
FM	0,2142	0,6257	0,0507	0,4947	0,1650	0,1294
NM	<0,0001	0,1719	0,4344	0,0014	0,0085	0,1509
FM x NM	0,6780	0,1029	0,4184	0,3184	0,3812	0,7385
CV (%)	**3,43**	**2,93**	**5,33**	**1,35**	**3,27**	**4,51**

[a,b]Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na coluna são significativos pelo teste F (P≤0,05);
[A,B]Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna são significativos pelo teste de "Tukey" (P≤0,05);
Probabilidade: *(P<0,001); *(P<0,0001).

Novak et al. (2004) também relataram que o aumento crescente dos níveis de aminoácidos sulfurados na ração não alterou a qualidade da casca dos ovos. Por outro lado, Mendonça Jr & Lima (1999) obtiveram redução à medida que os níveis dos níveis de aminoácidos sulfurados foram aumentados sobre a porcentagem da casca. Togashi et al. (2002), no entanto, observaram resultado quadrático para o peso e porcentagem da casca com o aumento dos níveis de metionina+cistina da ração. Apesar dos níveis de metionina no presente estudo não terem afetado a qualidade da casca, não deve ser negligenciada a

qualidade da proteína da dieta, a qual deve conter os aminoácidos essenciais bem balanceados, principalmente metionina, para a síntese das proteínas que formam a base de sustentação da casca. Embora contribuindo com menos de 1% do peso da casca do ovo, os componentes proteicos têm um papel muito importante na calcificação da casca, participando dos processos essenciais de sustentação e modelagem da estrutura calcária.

Na análise de variância observou-se que não ocorreu efeito de interação (P>0,05) entre as fontes de metionina, níveis de metionina e fontes de metionina versos níveis de metionina para peso da gema e casca e percentual de casca. Por outro lado o peso do albúmen e o percentual do albúmen e gema foram influenciados pela interação níveis de metionina (Tabela 5).

Considerando o efeito dos níveis de metionina na dieta de poedeiras leves contendo duas fontes comercias de metionina a DL – metionina e a metionina hidróxi análoga (Figura 7, 8 e 9), as equações de regressão facilitam a visualização dos resultados discutidos. O peso do albúmen foi afetado de forma quadrática pelos níveis de metionina total conforme a equação ($y= 22,11 + 76,94x – 76,260x^2$) com exigência máxima em 0,540% de metionina total (Figura 7). Para o percentual de albúmen (Figura 8) pode-se observar que houve efeito linear (P<0,0001) crescente, ou seja, à medida que aumentou o nível de metionina total aumentou também a porcentagem do albúmen conforme apresentado na equação de regressão ($y= 60,835 + 8,466x$). 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. Essa informação corrobora com os resultados encontrados nesse trabalho, onde o aumento da ingestão de metionina acarretou aumento na porcentagem de albúmen.

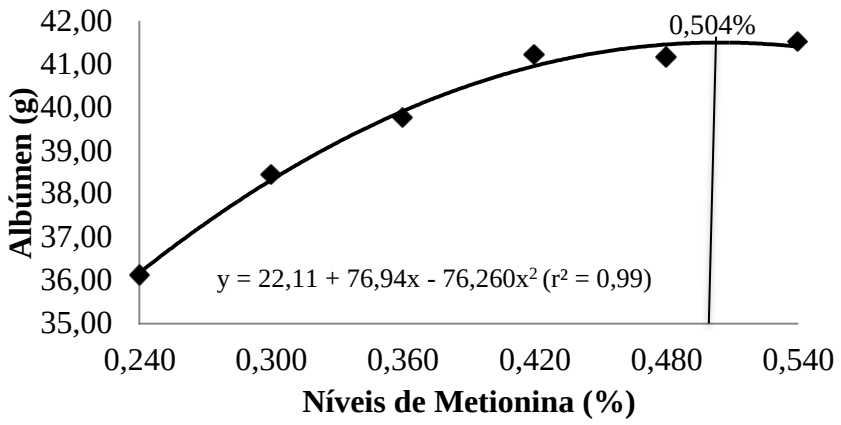

Figura 7. Peso do albúmen de ovos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo duas fontes comerciais e diferentes níveis de metionina.

No entanto foi observado efeito linear decrescente para percentual de gema conforme de pode ser observado pela equação y= 29,65 – 7,1951x, à medida que aumentou o nível de metionina na dieta diminui a porcentagem da gema (Figura 9).

Brumano et al. (2010) observou efeito linear crescente (P<0,05) dos níveis de metionina+cistina digestível sobre a porcentagem de gema, mas não houve efeito (P>0,05) sobre a porcentagem de casca, de albúmen e de ovos não comerciais. 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 fosfolipídios 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. 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.

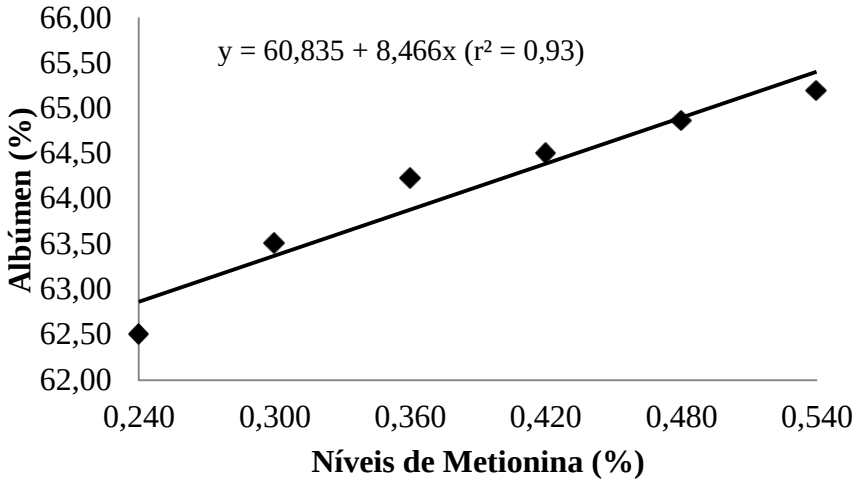

Figura 8. Percentual do albúmen de ovos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo duas fontes comerciais e diferentes níveis de metionina.

Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Bunchasak e Silapasorn (2005) os quais encontraram maior percentual de gema para o menor nível de metionina o contrario foi observado para porcentagem do albúmen que aumentou de forma linear á medida que o nível de metionina. Quanto ao percentual da casca não foi observado pelos autores diferenças significativa em função dos níveis de metionina avaliados.

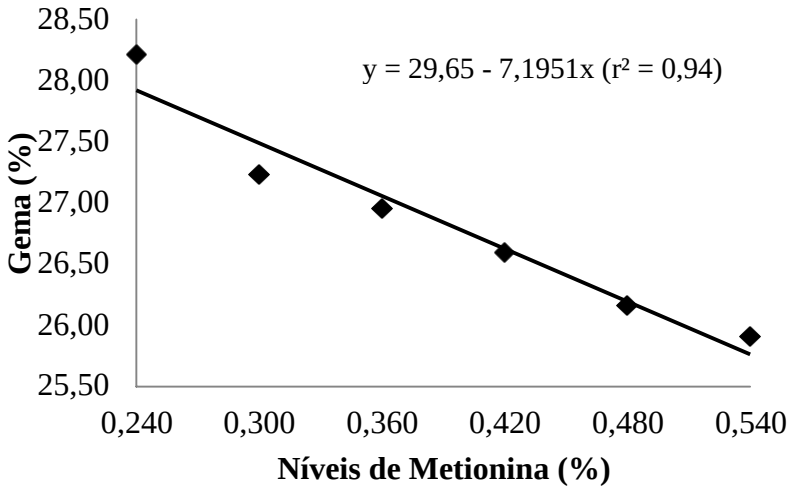

Figura 9. Percentual da gema de ovos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo duas fontes comerciais e diferentes níveis de metionina.

Cupertino et al. (2009), ao avaliarem diferentes níveis de suplementação de aminoácidos sulfurosos em aves leves e semipesadas no período de 54 a 70 semanas de idade constataram efeito de linhagem sobre os componentes internos dos ovos. Poedeiras leves apresentaram menor quantidade de albúmen e maior quantidade de gema em comparação aos ovos das aves semipesadas, demostrando influência genética sobre tais fatores.

Carey et al. (1991) observaram aumento significativos no peso e na massa dos componentes dos ovos, bem como o teor de sólidos da gema e do albúmen foram obtidos pelas aves que receberam os maiores níveis de metionina. No entanto, Shafer et al. (1996) não obtiveram diferenças no peso e produção dos ovos entre os niveis de metionina estudados (328, 354, 392, 423 mg/ave/dia), no entanto, houve aumento significativo no teor de solidos do albúmen e gema, à medida que se aumentou o ingestão de metionina.

Andrade et al. (2003) em um experimento utilizando níveis de proteína com suplementação de aminoácidos, concluíram que os parâmetros de qualidade de ovos não foram afetados pela redução proteica, mantendo-se o desempenho e produtividade de poedeiras com redução de custos das dietas, diminuído a proteína da dieta e suplementação com aminoácidos. Narváez-Solarte et al. (2005) mencionam que em aves de postura de segundo ciclo de produção, 14% de proteína bruta na ração são suficientes para um adequando desempenho, desde que mantida a quantidade de aminoácidos essenciais e o balanço de aminoácidos. Para Faria et al. (2002), a nutrição com aminoácidos permite melhoria de características dos componentes do ovo, como o aumento de sólidos totais.

De acordo com resultados apresentados na Tabela 6 podemos observar que as variáveis de índice de albúmen, porcentagem de albúmen e porcentagem de gema foram afetadas de forma linear onde a exigência metionina foi ≥0,540%.

A exigência dos níveis de metionina total, metionina digestível e metionina + cistina digestível estimada pelo modelo de regressão polinomial dentro de cada fonte (DLM e MHA) foi de 0,476, 0,459 e 0,683% utilizando a DL – metionina e 0,456, 0,439 e 0,663% utilizando a metionina hidróxi análoga para produção de ovos e 0,480, 0,463 e 0,687% utilizando a DL – metionina e 0,459, 0,442 e 0,666% utilizando a metionina hidróxi análoga para conversão por massa de ovos respectivamente. Por outro lado, a exigência de metionina, metionina digestível e metionina + cistina digestível estimadas através das equações de regressão em função apenas dos níveis de metionina foi de 0,496, 0,479 e 0,703% para peso de ovos, 0,475, 0,458 e 0,682% para massa de ovos, 0,339, 0,322 e 0,546% para unidade Haugh e 0,504, 0,487 e 0,711% para peso do albúmen respectivamente. Sendo a média de exigência de metionina total, metionina digestível e metionina + cistina digestível de poedeiras comercias no período de 46 a 62 semanas de idade foram, 0,461, 0,444 e 0,668%, respectivamente (Tabela 6).

Tabela 6. Exigência em metionina total, coeficientes de determinação e equações de predição ajustadas para desempenho de poedeiras de 46 a 62 semanas de idade

Variáveis	Fontes*/MT**	Exigência Metionina Total (%)	Exigência Metionina Digestível (%)	Exigência Metionina + Cistina Digestível (%)
Linear				
Índice do albúmen	MT	≥0,540	--	--
Albúmen (%)	MT	≥0,540	--	--
Gema (%)	MT	≥0,540	--	--
Quadrático				
Produção de ovos (%)	DLM	0,476	0,459	0,683
	MHA	0,456	0,439	0,663
Peso de ovos (g)	MT	0,496	0,479	0,703
Massa de ovos (g/a/d)	MT	0,475	0,458	0,682
Conversão por massa de ovos (kg/kg)	DLM	0,480	0,463	0,687
	MHA	0,459	0,442	0,666
Unidades Haugh	MT	0,339	0,322	0,546
Albúmen (g)	MT	0,504	0,487	0,711
Média		**0,461**	**0,444**	**0,668**

DLM = DL-Metionina (99%); MHA = Metionina Hidróxi Análoga (88%); **Níveis de Metionina Total.

De acordo com resultados obtidos em relação à exigência de metionina + cistina pode-se observar que algumas pesquisas apresentaram resultados semelhantes ao encontrados nesse trabalho. Para Jordão Filho (2006) a exigência de metionina+cistina total e digestível para

poedeiras semipesadas do início de postura até o final do pico de produção foi estimada, respectivamente, em 0,70 e 0,64% ou consumo de 762 e 697 mg/ave/dia. Sá et al. (2007). as exigências estimadas de metionina + cistina digestível foram de 0,693 e 0,692% para poedeiras leves e semipesadas, respectivamente, que correspondem a consumos diários de 825 e 793 mg de metionina + cistina/ave. Brumano et al. (2010) recomendo que o nível de metionina + cistina digestível considerado exigência para poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade, com base nos parâmetros estudados, é de 0,775%, que corresponde a um consumo de 708 mg/ave/dia de metionina +cistina digestível.

1.4. Conclusões

A exigência de metionina, metionina digestível e metionina + cistina digestível de poedeiras comercias de 46 a 62 semanas de idade foram, 0,461, 0,444 e 0,668%, respectivamente.

A metionina hidróxi análoga pode substituir até 100% de DL – metionina na dieta de poedeiras comerciais.

1.5. Referências

AHMAD, H.A.; ROLAND, D.A.; BRYANT,M.M. Effects of increased light and added methionine on molted hens. **Journal of Applied Poultry Research**, v.6, n.4, p.373-380, 1997.

ANDRADE, L.; JARDIM FILHO, R. M.; STRINGHINI, J. H. et al. O uso de rações com diferentes níveis de proteínas suplementadas com aminoácidos na alimentação de poedeiras na fase inicial de produção. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2003, Campinas, **Anais**... Campinas: 2003. P.66.

BRUMANO, G.; GOMES, C. P.; DONZELE, J. L.; et al. Níveis de metionina+cistina digestível em rações para poedeiras leves no período de 24 a 40 semanas de idade. **R. Bras. Zootec**., v.39, n.6, p.1228-1236, 2010

BETERCHINI, A. G.; TEIXEIRA A. S.; LIRA, V.M.C. Níveis de lisina para poedeiras comerciais leves na fase de pico de postura. In: Conferência APINCO de ciência e tecnologia avícola, Curitiba. **Anais**... Curitiba, PR: APINCO, p.75, 1995.

BUNCHASAK, C.; SILAPASORN, T. et al. Efeects of adding methionine in low-protein diet on production performance, reproductive organs and chemical liver composition of layng hens under tropical conditios. **International Journal of Poultre Science. v.4, n.5, p.301-308, 2005.**

CAREY, J. B.; ASHER, R. K. ANGEL, J. F. et al. The influence of methionine intake on eggs consuption. **Poultry Science**, v.70, Suppl. 1. p.152, 1991.

CAO, Z.; CAI, F.L.; COON, C. The methionine and cystine metabolism and requirement of laying. **Poultry Science**, v,74. Suppl l, p. 105, 1995. (Abstr.).

CARVALHO, D. C. O. Biodisponibilidade de fontes de metionina e exigências nutricionais de lisina e de triptofano para poedeiras leves, mantidas em ambiente de alta temperatura na fase de produção. Universidade Federal de Viçosa. **Tese**. Viçosa, Minas Gerais, 2005.

CARVALHO, D.C.O.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S. et. al. Biodisponibilidade de fontes de metionina para poedeiras leves na fase de produção mantidas em ambiente de alta temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.12, p.2383-2388, 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.

EISEN, E. J., B. B. BOHREN, and MCKEAN, H. E. The Haugh unit as a measure of egg albumen quality. **Journal Poultry Science**. 41:1461–1468, 1962.

GERALDO, A.; BERTECHINI, A.G.; KATO, R.K. *et al.*, Níveis de cálcio e granulometria do calcário para frangas e seus efeitos sobre a produção e qualidade de ovos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 4, p. 1720-1727, 2006 (supl.).

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

HARMS, R.H.; MILES, R.D. Influence of Fermatco on the performance of laying hens when fed different methionine levels. **Poultry Science**, v.67, p.842-844, 1988.

HARMS, R.H.; RUSSEL, G. B. Amino acid supplementation restores performance of commercial layers fes a low protein diet. **Poutry Science**, v.72, n.10, p.1892-1896, 1993.

JORDÃO FILHO, J.; SILVA, J. H. V.; SILVA, E. L. et al. Exigências nutricionais de metionina+cistina para poedeiras semipesadas do início de produção até o pico de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3. p.1063-1069, 2006.

JORDÃO FILHO, J.; SILVA, J. H. V.; SILVA, E. L. et al. Efeito da relação metionina+cistina sobre os desempenhos produtivos e econômicos e a qualidade interna e externa dos ovos antes e após 28 dias de armazenamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4 p.1735-1743, 2006.

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.

LAWSON, C.Q.; IVEY, F.J. Hydrolylis of 2- hydroxy-4 (methylthio) butanoic acid dimer in two model systems. **Poultry Science**, v.65, p.1749-1752, 1986.

MURAMATSU, T.; HIRAMOTO, K.; TAKASI, I. et al. Effect of protein stravation on protein turnover in liver, oviduct and whole body of laying hens. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.87, p.227-232, 1987

MENDONÇA JUNIOR, C. X.; LIMA, F. R. Efeito dos níveis de proteína e de metionina da dieta sobre o desempenho de galinhas poedeiras após a muda forçada. **Journal Veterinary Research and Animal Science**, v.35, p.332-3228, 1999.

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.

NOVAK C.; YAKOUT, H.; SCHEIDELER S. The Combined Effects of Dietary Lysine and Total Sulfur Amino Acid Level on Egg Production Parameters an Egg Components in Dekalb Delta Laying Hens. **Poultry Science**, v. 83, p. 977-984, 2004.

PITA, M. C. G.; PIBER NETO, E.; NAKAOKA, L. M.; MENDONÇAJUNIOR,C. X. Efeito da adição de ácidos graxos insaturados e de vitamina E à dieta de galinhas e seu reflexo na composição lipídica e incorporação de α-tocoferol na gema do ovo. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 41, p. 25-31, 2004.

RODRIGUES, P. B.; BERTECHINI, A. G.; OLIVERIA, B. C. 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. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 141p.

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

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J. L. et al. **Tabelas brasileiras para suínos e aves: Composição e exigências nutricionais.** 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 186p.

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.

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)

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.

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.

SOHAIL, S.S.; BRYANT, M.M.; ROLAND, D.A. Influence of supplemental lysine, isoleucine, threonine, tryptophan and total sulfur amino acids on egg weight of Hy-Line W-36 hens. **Poultry Science**, v.81, n.7, p.1038-1044, 2002.

VISCENTINI, P., LOPES, J., TOLEDO, G.S., et al. Níveis de substituição da DL-metionina pela medionina hidróxi análoga em base equimolar em dietas para frango de corte. **Ciência Rural**. v.35, nº 6, p.1400-1405, 2005.

WALDROUP, P.W.; HELLWIG, H.M. Methionine and total súlfur amino acid requirements influenced by stage of production. Journal of Applied **Poultry Science**, v.4, p.283-292, 1995.

SILVA, M. F. R.; FARIA, D. E.; RIZZOLE, P. W. et al. Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com rações contendo diferentes níveis de metionina e lisina. **R. Bras. Zootec**., v.39, n.10, p.2246-2252, 2010.

TOGASHI, C.K.; FONSECA, J. B.; SOARES, R. T. R. N. et al. Determinação de niveis de metionina+cistina para poedeiras semipesadas alimentadas com rações contendo leveduras seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p1426-1433, 2002.

CAPÍTULO 2

Biodisponibilidade da Metionina Hidróxi Análoga Relativa à DL – Metionina para Galinhas Poedeiras.

Biodisponibilidade da Metionina Hidróxi Análoga Relativa à DL – Metionina para Galinhas Poedeiras.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi determinar a biodisponibilidade da metionina hidróxi análoga relativa à DL – metionina para poedeiras leves no período de 46 a 62 semanas de idade. As aves foram distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, em uma dieta basal, deficiente em metionina, e três níveis de metionina total, suplementada com DL – Metionina e três suplementadas com metionina hidróxi análoga, totalizando sete tratamentos de cinco repetições e 6 aves por repetição. Os níveis de metionina total foram calculados em 0,240% para dieta basal e 0,300, 0,360, 0,420, para as dietas suplementadas com a DL – Metionina (99%) ou MHA (88%). As variáveis estudadas para a determinação da biodisponibilidade de metionina foram produção de ovos, peso dos ovos, massa de ovos, conversão alimentar e albúmen. As aves mortas e as sobras das dietas foram consideradas para ajustar o consumo, a produção de ovos e as conversões alimentares. A biodisponibilidade relativa da Metionina Hidróxi Análoga, calculada pela regressão linear múltipla, para poedeiras leves no período de 46 a 62 semanas de idade em relação a DL – Metionina foi de 106,30% para produção de ovos, 108,74% para peso de ovos, 107,36% para massa de ovos, 108,69% para conversão alimentar e 109,12% para albúmen. Sendo que a Metionina Hidróxi Análoga apresentou uma média de 108,04% de biodisponibilidade relativa da metionina em relação a DL – metionina, sendo esta considerada com 100% de bioeficácia. A biodisponibilidade relativa da metionina, obtidos por regressão linear múltipla em base equimolar e em base do produto para metionina hidróxi análoga foi de 108,04% na base equimolar e 95,08% na base do produto e a DL – metionina, sendo esta considerada com 100% de bioeficácia..

Palavras-chave: Aminoácidos sulfurados, bioeficácia, fontes de metionina.

Bioavailability of Methionine Hydroxy Analogue Relative to DL - Methionine for Laying Hens.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the bioavailability of methionine hydroxy analogue on the DL - methionine for laying hens in the period 46-62 weeks of age. Birds were distributed in a completely randomized design in a basal diet deficient in methionine, and three levels of total methionine, supplemented with DL - Methionine and three supplemented with methionine hydroxy analogue, seven treatments of five replicates and six birds per repetition. The full methionine levels were calculated for the basal diet 0.240% and 0.300, 0.336, 0.420, for diets supplemented with DL - Methionine (99%) or MHA (88%). The variables for the determination of bioavailability of methionine were egg production, egg weight, egg mass, feed conversion and albumen. Dead birds and remains diets were considered to adjust the consumption, egg production and feed conversion. The relative bioavailability of Methionine Hydroxy Analogue, calculated by multiple linear regression, for laying hens in the period 46-62 weeks of age in relation to DL - Methionine was 106.30% for egg production, 108.74% for weight eggs, 107.36% for egg mass, 108,69% for feed conversion and 109.12% for albumen. Since Methionine Hydroxy Analog averaged 108,04% relative bioavailability of methionine relative to DL - methionine, which is considered as 100% bioavailability. The relative bioavailability results obtained by multiple regression equimolar basis and in base of the product to methionine hydroxy analogue was at 108,04% 95,08% equimolar basis and in the base of the product and DL - methionine, which is considered with 100% bioavailability.

Keywords: Amino acid, nutritional requirements, methionine sources.

2.1. Introdução

A rentabilidade da produção animal depende extremamente da formulação de rações a mínimo custo. Para isto, é necessário a utilização de ingredientes ou de fontes de nutrientes de acordo com seu correto valor nutricional que proporcionem maior rendimento, pois caso contrário, perdas nutricionais e econômicas podem ocorrem. Como as exigências em proteína e em aminoácidos de poedeiras podem variar com o peso corporal, a taxa de crescimento e/ou produção de ovos, é muito importante atentar a esses fatores ao formular as rações.

A deposição proteica depende em grande parte da suplementação de aminoácidos e consequentemente da quantidade e da qualidade (em valores biológicos) da proteína dietética. A metionina é o primeiro aminoácido limitante nas rações comerciais para aves, sendo que sua deficiência nas rações pode ser corrigida pela suplementação de metionina sintética.

Atualmente, são ofertadas no mercado diferentes fontes sintéticas de metionina, sendo as mais utilizadas a DL-Metionina (DLM) e a Metionina Hidroxi Analoga –Ácido Livre (MHA-AL). A DLM é um produto puro que contém 99% de metionina e a MHA-AL líquida contém 88% de monômeros e formas poliméricas (dímeros, oligômeros) de MHA-AL.

A MHA-AL é similar a DLM, exceto por conter um grupo hidróxido em lugar de um grupo amino. Por isto, a MHA-AL não é considerada um aminoácido, necessitando ser convertida em metionina por diferentes transformações enzimáticas no metabolismo animal.

De acordo com Hasseberg (2002), as moléculas de MHA-AL ao serem convertidas em L-Metionina, via transaminação, acarretam perdas adicionais da eficácia biológica de MHA-AL, as quais são adicionadas às perdas no intestino, podendo ser esta mais uma razão para a baixa biodisponibilidade da MHA-AL em ralação a DLM.

A importância da biodisponibilidades destas fontes têm sido tema de debate entre os nutricionistas, uma vez que o conhecimento da biodisponibilidade, poderá assegurar melhor atendimento das exigências nutricionais em metionina + cistina, permitindo a suplementação das rações de forma efetiva, favorecendo a comparação do preço de mercado dos produtos.

Entretanto, para decidir sobre qual fonte de metionina é mais econômica, é preciso avaliar o potencial da MHA-AL em relação à DLM de liberar metionina e se a MHA-AL é tão eficiente para promover uma resposta no desempenho dos animais quanto a DLM. Estudos envolvendo várias espécies animais têm sido conduzidos para estabelecer a biodisponibilidade da MHA-AL, entretanto os resultados mostram consideráveis variações.

Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi determinar a biodisponibilidade da Metionina Hidróxi Análoga relativa à DL – Metionina para galinhas poedeiras leves da linhagem *Hy Line* no período de 46 a 62 semana de idade.

2.2. Material e Métodos

2.2.1. Local do estudo

O experimento foi conduzido no Laboratório de Avicultura do Departamento de Ciência Animal (DCA) do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus III, situado na cidade de Bananeiras, Paraíba com latitude sul 6°45´12 e longitude oeste 35°37´30´´de Greenwich, com altitude de 552 metros acima do nível do mar, com média pluviométrica de 1400 mm/ano. A temperatura ambiental média foi de 22,9ºC, com máxima de 27,8ºC e mínima de 18,9ºC, com umidade relativa média de 77,3%, com máxima de 91,5% e mínima de 58,3% no período de Janeiro a Maio de 2014.

2.2.2. Animais e instalações

Foram utilizadas 210 galinhas poedeiras da linhagem *Hy Line* (Leves). O trabalho teve duração de 112 dias, dividido em quatro ciclos de 28 dias. As aves foram submetidas a um programa de luz de 17 horas por dia (5 horas de luz artificial + 12 horas de luz natural). As aves foram alojadas em gaiolas de arame galvanizados em densidade de 562 cm^2/ave, dispostas em duas fileiras de gaiolas sobrepostas, separadas por um corredor central de 0,80 m de largura. O galpão experimental possui cobertura de telhas tipo canal em duas águas com pé direito de 1,8 m de altura e 2,8 m de largura, com área de 75,6 m^2, com orientação no sentido Leste-Oeste.

2.2.3. Dietas Experimentais

As aves foram distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, em uma dieta deficiente em metionina, e três níveis de metionina total, suplementada com DL – metionina e três suplementadas com metionina hidróxi análoga totalizando sete tratamentos de cinco repetições e seis aves por repetição.

As rações experimentais foram formuladas para atender exigências nutricionais isoenergéticas e isoproteicas para poedeiras leves, segundo as recomendações de Rostagno *et al*. (2011), (Tabela 1). Foram oferecidas 95g de ração/ave/dia, com água à vontade, durante todo o período experimental. Os níveis de metionina total foram calculados em 0,240% para dieta deficiente e 0,300, 0,336, 0,420%, para as dietas suplementadas com a DL – Metionina (99%) e MHA (88%). A suplementação com as fontes sintéticas de metionina foram feitas em substituição ao ácido glutâmico e inerte.

2.2.4. Variáveis estudadas

As variáveis estudadas foram produção de ovos (%/a/d), peso (g) e massa de ovos (g/a/d), conversão alimentar por massa (kg/kg), gravidade específica dos ovos (g/cm^3), espessura da casca (mm), peso (g) e percentuais da gema, albúmen e casca (%), índice do albúmen, índice da gema, peso da casca por unidade de superfície área (g/cm^2) e unidades Haugh.

As aves mortas e as sobras das dietas foram consideradas para ajustar o consumo, a produção de ovos e as conversões alimentares.

2.2.4.1. Desempenho

A produção de ovos foi determinada, pela porcentagem de ovos coletados diariamente em relação ao número médio de aves em cada período experimental.

O peso dos ovos corresponderá à média do peso dos ovos produzidos no início, meio e fim de cada fase, 0, 14 e 28 dias, respectivamente, e a massa de ovos, ao produto entre a porcentagem de ovos produzidos e o peso médio dos ovos. A conversão alimentar foi expressa em quilos de ração por ovos produzida e em quilos de ração por massa de ovos produzida, e a conversão por dúzia foi calculada pela relação entre o consumo de ração por dúzia de ovos produzidos.

A massa de ovos foi determinada pelo produto da produção de ovos e do peso médio dos ovos por parcela.

Tabela 1. Composição alimentar e nutricional das rações experimentais

Ingredientes	Níveis de Metionina total (%)						
	0,24	0,30	0,36	0,42	0,30	0,36	0,42
		Fontes					
	DD[1]	DL-Metionina			MHA		
Milho grão	60,852	60,852	60,852	60,852	60,852	60,852	60,852
Farelo Soja 45%	23,892	23,892	23,892	23,892	23,892	23,892	23,892
Calcário	9,767	9,767	9,767	9,767	9,767	9,767	9,767
Fosfato Bicálcico	1,057	1,057	1,057	1,057	1,057	1,057	1,057
Óleo de Soja	2,068	2,054	2,041	2,027	2,061	2,055	2,049
L-Ácido Glutâmico	0,700	0,639	0,578	0,517	0,640	0,581	0,521
DL-Metionina 99%	0,000	0,061	0,121	0,182	0,000	0,000	0,000
MHA - FA 88%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,068	0,136	0,205
Proteína Isolada de Soja	0,505	0,505	0,505	0,505	0,505	0,505	0,505
L-Treonina	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062
Sal comum	0,537	0,537	0,537	0,537	0,537	0,537	0,537
Cloreto de Colina 60%	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Premix Vitamínico	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Premix Mineral	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
BHT	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Inerte	0,200	0,214	0,228	0,241	0,198	0,195	0,193
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Composição química	Atendimento das Exigências Nutricionais						
Proteína Bruta (%)	16,500	16,500	16,500	16,500	16,500	16,500	16,500
EMAn (Mcal/kg)	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800
Cálcio (%)	4,020	4,020	4,020	4,020	4,020	4,020	4,020
Fósforo Disponível (%)	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Potássio (%)	0,614	0,614	0,614	0,614	0,614	0,614	0,614
Sódio (%)	0,230	0,230	0,230	0,230	0,230	0,230	0,230
Cloro (%)	0,395	0,395	0,395	0,395	0,395	0,395	0,395
Lisina Total (%)	0,816	0,816	0,816	0,816	0,816	0,816	0,816
Lisina Dig. Aves (%)	0,730	0,730	0,730	0,730	0,730	0,730	0,730
Metionina Total (%)	0,240	0,300	0,360	0,420	0,300	0,360	0,420
Metionina Dig. Aves (%)	0,223	0,282	0,344	0,406	0,282	0,344	0,406
Met + Cys Total%)	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507
Met + Cys Dig. Aves (%)	0,447	0,447	0,447	0,447	0,447	0,447	0,447
Treonina Total (%)	0,687	0,687	0,687	0,687	0,687	0,687	0,687
Treonina Dig. Aves (%)	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600
Triptofano Total (%)	0,192	0,192	0,192	0,192	0,192	0,192	0,192
Triptofano Dig. Aves (%)	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169
Arginina Total (%)	1,039	1,039	1,039	1,039	1,039	1,039	1,039
Arginina Dig. Aves (%)	0,964	0,964	0,964	0,964	0,964	0,964	0,964
Valina Total (%)	0,752	0,752	0,752	0,752	0,752	0,752	0,752
Valina Dig. Aves (%)	0,672	0,672	0,672	0,672	0,672	0,672	0,672
IsoleucinaTotal (%)	0,678	0,678	0,678	0,678	0,678	0,678	0,678
Isoleucina Dig. Aves (%)	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605

[1]Recomendações nutricionais de Rostagno et al. (2011)
[2]Composição/kg de produto: Vit. A: 12.000.000 UI, Vit D3: 3.600.000 UI., Vit. E: 3.500 UI.,Vit B1: 2.500 mg, Vit B2: 8.000 mg, Vit B6: 5.000mg, Ácido pantotênico: 12.000mg, Biotina: 200mg, Vit. K: 3.000 mg, Ácido fólico: 1.500 mg, Ácido nicotínico: 40.000 mg, Vit. B12: 20.000 mg, Se: 150 mg, Veículo q.s.p.: 1.000 g.
[3]Composição/kg de produto: Mn: 160g, Fe: 100g, Zn: 100g Co: 20g, Co: 2g, I: 2g, Excipiente q.s.p.: 1000g.

2.2.4.2. Qualidade Externa

A gravidade específica: foi determinada pelo método de flutuação salina, conforme metodologia descrita por Hamilton (1982). Foram utilizados 16 soluções salinas, com

variação da densidade em 0,0025 unidades, iniciando por 1,060 até 1,100. Para isso, foi utilizados 16 baldes com capacidade de 10 litros, um densímetro de petróleo com escala de 1,050 a 1,100, uma cesta de plástico, água e sal comum, sempre com ovos produzidos no início, meio e fim de cada fase experimental, 0, 14 e 28 dias, respectivamente. A espessura da casca foi determinada em três pontos distintos utilizando-se para isso um micrometro Ames®, modelo 27M, utilizando ovos produzidos no início, meio e fim de cada fase experimental, 0, 14 e 28 dias, respectivamente.

2.2.4.3. Qualidade Interna

Os percentuais da gema, albúmen e casca foram determinados com a quebra dos ovos e separação manual dos componentes, as cascas serão mantidas em estufa a 105 ºC por 2 horas. As porcentagens foram obtidas dividindo-se os pesos de albúmen, gema e casca pelo peso médio dos ovos e o resultado será multiplicado por 100.

Para determinação do diâmetro da gema e albúmen foi utilizado um paquímetro digital, por meio das seguintes equações:

Índice do albúmen = altura do albúmen (mm)/ diâmetros do albúmen (mm).

Índice da gema = altura da gema (mm)/ diâmetros da gema (mm).

O peso da casca por unidade de superfície de área (PCSA) foi calculado utilizando-se a equação de adaptada de Rodrigues et al. (1996).

Em que: **PC** = Peso da casca (g); **PO** = Peso do Ovo (g).

Para determinação da Unidade Haugh, cada ovo foi pesado e em seguida quebrado sobre uma superfície de vidro e com a utilização de micrometro de profundidade (modelo S-8400, Ames®), onde foi medida a altura do albúmen denso em milímetros, segundo a metodologia de Eisen *et al*. (1962). Com as medidas de peso e altura do albúmen, foram realizados os cálculos utilizando-se a equação.

Em que: UH = Unidades Haugh; H = altura do albúmen (mm); P = peso do ovo (g).

2.2.5. Análise Estatística

As variáveis de produção de ovos, peso dos ovos massa de ovos, conversão alimentar e albúmen foram utilizados com critérios para a determinação da biodisponibilidade relativa da metionina na dieta basal como variável dependente (y), e o consumo de metionina total com variável independente (x). Na determinação da equação de regressão linear múltipla, utilizou o seguinte modelo matemático:

Onde: X_1 = consumo de metionina na ração basal; X_2 = consumo de metionina na ração com DL – metionina e; X_3 = consumo de metionina na ração com MHA.

Sendo a biodisponibilidade relativa da metionina (BRM) calculada pela relação dos coeficientes de regressão, considerando o b_2 do padrão equivalente a 100%BRM = $b_{teste}/b_{padrão}$ x 100. A metionina proveniente da DL – metionina foi considerada como 100% disponível e os valores de disponibilidade relativa da metionina na MHA foram avaliados pela relação dos coeficientes de regressão, utilizando-se a técnica do "Slope Ratio" (Littell et al, 1995).

Foram utilizados contrastes ortogonais para comparar as médias obtidas entre as fontes de metionina comercial estudada.

2.3. Resultados e Discussão

Os resultados referentes à produção ovos, peso dos ovos, massa dos ovos e conversão por massa de ovos em função das diferentes fontes de metionina estão apresentados na (Tabela 2).

Podemos observar que em todas as variáveis de desempenho avaliadas, as aves que receberam ração com suplementação de DL – Metionina e Metionina Hidróxi Analoga apresentaram melhores resultados, isso se deve em parte, ao fato de que a metionina não participa apenas da síntese resultados proteica como também de outras reações metabólicas importantes para manter o desempenho adequado (Tabela 2). A metionina desempenha um papel muito importante no metabolismo das aves como doador de grupos metil ativos, tal reação ocorre após a conversão em S-adenosilmetionina (D'Mello, 2003). Sendo também, a metionina sob a forma de S-adenosilmetionina é exigida para a biosíntese de várias substâncias envolvidas no crescimento das aves, como a cisteína, carnitina, poliaminas, epinefrina, colina e melatonina (Baker et al.,1996), É responsável pelo fornecimento de

enxofre para a síntese de outros componentes químicos que apresentam enxofre na sua composição (Wu, 2003) e fundamental para a síntese de taurina, um dos aminoácidos mais abundantes no organismo, que age como um transmissor neuroinibidor juntamente com a glicina. A deficiência de metionina pode causar prejuízos renais e hepáticos (Brumano, 2008), já que as reações de metilação são essenciais no metabolismo da gordura no fígado, evitando assim, a síndrome do fígado gorduroso.

Esses dados indicam que as fontes avaliadas utilizando ração basal realmente deficiente em metionina promove a sensibilidades das aves à suplementação, requisito essencial para determinar a biodisponibilidade (Jansman, 2003). Isso significa que o desempenho do animal é aumentado a cada passo incremental de nutrientes, até que nenhuma unidade adicional do nutriente proporcione um desempenho adicional do animal (Timmler e Rodehutcord, 2003).

Tabela 2. Desempenho de poedeiras alimentadas com dietas contendo duas fontes comerciais e diferentes níveis de metionina

Níveis de Metionina Total (%)	**Produção de ovos (%)**	**Peso de ovos (g)**	**Massa de ovos (g/a/d)**	**Conversão por massa de ovos (g/g^{-1})**
0,24 Basal	64,41	58,29	37,52	2,12
0,30 DLM	77,12	60,77	46,87	1,87
0,36 DLM	82,19	61,92	50,89	1,78
0,42 DLM	82,71	63,46	52,49	1,77
0,30 MHA	80,61	61,50	49,57	1,75
0,36 MHA	81,74	62,59	51,16	1,85
0,42 MHA	82,36	64,11	52,80	1,81
Contraste[1]				
DD *vs* DLM	64,41 *vs* 80,67*	58,29 *vs* 62,05*	37,52 *vs* 50,08*	2,12 *vs* 1,81*
DD *vs* MHA	64,41 *vs* 81,57*	58,29 *vs* 62,73*	37,52 *vs* 51,18*	2,12 *vs* 1,80*
DLM *vs* MHA	ns	ns	ns	n
CV (%)	**2,16**	**2,29**	**2,96**	**3,27**

[1]Contrastes: DD = dieta deficeinte DLM = Dl-metionina; MHA = metionina hidróxi análoga; *P>0,05; CV = coeficiente de variação.

Avaliando os contrates entre as dietas suplementadas com as duas fontes de metionina estudas, podemos observar que não houve efeito significativo (P>0,05) entre a DL – metionina e a Metionina Hidróxi Análoga.

Silva (2010) que avaliando diferentes níveis de metionina pode-se observar que os mesmo tiveram efeito linear crescente sobre o peso de ovos. Koelkebeck et al. (1991) estudaram adição de 1% de aminoácidos em excesso (lisina, metionina, treonina ou

triptofano) e observaram maior peso dos ovos nas aves alimentadas com a dieta suplementada com metionina. Shafer et al. (1996) avaliaram a ingestão de 326 e 512 mg/ave/dia de metionina e notaram maior peso dos ovos, massa de ovos e sólidos totais quando utilizaram o mais alto nível do aminoácido.

Sohail et al. (2002), ao estudarem os efeitos de dietas formuladas com três níveis de aminoácidos sulfurados totais e de proteína (0,81 e 18,05; 0,72 e 16,66 e 0,65 e 15,55% de aminoácidos sulfurados totais e proteína, respectivamente), em 960 poedeiras da linhagem Hy-Line com 21 semanas de idade sobre o peso dos ovos, observaram avanço linear deste parâmetro à medida que se aumentava a porcentagem de aminoácidos sulfurados totais da dieta.

Bunchasak et al. (2005) ao avaliarem diferentes níveis de metionina e proteína bruta (0,26; 0,29; 0,33; 14; 16; 18%), respectivamente, em aves semipesadas no período de 21 a 33 semanas não obtiverem efeito dos níveis de metionina e proteína sobre a taxa de postura e consumo de ração. Observaram maior peso de ovos para os maiores níveis de metionina e proteína, porem não houve diferenças entre os níveis (0,29; 0,33; 16; 18%).

De acordo com os resultados dos contrates apresentados na (Tabela 3), podemos observar que a dieta deficiente quando comparada com as demais não apresentou nenhum efeito significativo (P>0,05) para unidade Haugh, índice do albúmen, gravidade específica, e peso da casca por unidade de superfície área. Também não foi observado efeito significativo (P>0,05) de qualidade interna e externa para as variáveis de unidades Haugn, índice do albúmen, gravidade específica e peso da casca por unidade de superfície área quando analisado os contrates entre as dietas suplementadas com DL – metionina e metionina hidróxi análoga (Tabela 3).

Ao analisarmos a dieta deficiente com DL – metionina foi observado efeito significativo (P>0,05) para índice da gema e espessura da casca, já para dieta deficiente com MHA apenas a variável índice de gema apresentou efeito significativo. Quando contrastamos as duas fontes de metionina estudadas a DL – metionina e metionina hidróxi análoga podemos observar que apenas a espessura de casca apresentou efeito significativo. Se que a metionina hidróxi análoga apresentou maior espessura de casca quando em relação a DL – Metionina (Tabela 3).

Tabela 3. Qualidade interna e externa de ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo duas fontes comerciais e diferentes níveis de metionina

Níveis de Metionina Total (%)	**Unidades Haugh**	**Índice do Albúmen**	**Índice da Gema**	**Gravidade específica (g/cm^3)**	**Espessura da casca (mm)**	**PCSA (g/cm^2)**
0,24 DD	101,91	0,167	0,480	1,083	0,368	7,665
0,30 DLM	102,39	0,162	0,461	1,082	0,357	7,674
0,36 DLM	102,13	0,159	0,463	1,081	0,351	7,455
0,42 DLM	102,30	0,159	0,467	1,082	0,349	7,389
0,30 MHA	102,77	0,160	0,466	1,083	0,368	7,840
0,36 MHA	102,61	0,161	0,464	1,083	0,360	7,479
0,42 MHA	101,91	0,152	0,460	1,083	0,364	7,841
Contraste[1]						
DD *vs* DLM	ns	ns	0,48 *vs* 0,46*	ns	0,37 *vs* 0,35*	ns
DB *vs* MHA	ns	ns	0,48 *vs* 0,46*	ns	ns	ns
DLM *vs* MHA	ns	ns	ns	ns	0,35 *vs* 0,36*	ns
CV (%)	**1,05**	**5,09**	**1,98**	**0,19**	**3,79**	**6,05**

[1]Contrastes: DD = dieta deficiente; DLM = Dl-metionina; MHA = metionina hidróxi análoga; *P>0,05; CV = coeficiente de variação.

Fraser et al. (1998) mencionam que a base da casca do ovo consiste em uma matriz proteica sendo possível que o aumento no consumo de aminoácidos sulfurados possa influenciar na síntese de proteínas nas membranas da casca. Essa informação corrobora com os resultados encontrados neste presente estudo, pois a espessura da casca de foi afetado significativamente com a inclusão das fontes de metionina sendo que apenas a metionina hidróxi análoga apresentou efeito linear crescente, ou seja, à medida que aumentou o nível de metionina suplementada com MHA aumentou também a espessura de casca.

No entanto Pavan (2005), estudando níveis de proteína bruta e de aminoácidos sulfurados totais sobre o desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras constataram que os níveis de PB e AAST não melhoraram a qualidade da casca dos ovos, o que pode ser constatado pela inexistência de diferença significativa entre os tratamentos para gravidade específica e porcentagem de casca. Estes resultados concordam com Ahmad et al. (1997), que, ao avaliarem os efeitos da metionina adicional em dietas para poedeiras, verificaram que os níveis de metionina não influenciaram a gravidade específica dos ovos. Roland (1978) não verificou nenhuma melhora na qualidade da casca com a redução do tamanho dos ovos, ao estudar a manipulação da proteína, da energia e do cálcio da dieta, provavelmente porque a quantidade de casca depositada diminui em um nível igual ou maior que o grau de redução da albumina ou gema.

Analisando o efeito dos níveis e metionina sobre as variáveis de peso do albúmen, gema e casca, podemos observar que o peso da gema e da casca não teve efeito significativo

(P>0,05), entre a dieta deficiente e as dietas suplementadas com DL – metionina e Metionina Hidróxi Análoga, por outro lado o peso do albúmen foi maior nas dietas suplementadas com as fontes de metionina em comparação com resultados determinados pelas aves que receberam a ração basal, porém quando comparado com as duas fontes de metionina não foi observado efeito significativo (Tabela 4).

As porcentagens de albúmen e gema dos ovos das poedeiras alimentadas com as dietas suplementas com DL – metionina e com Metionina Hdróxi Análoga foi maior significativamente (P>0,05) em comparação com a dieta deficiente em metionina, por outro lado não foi observado efeito significativo (P>0,05) entre as duas fontes de metionina. Para o percentual de casca observa-se que as dietas experimentais não se diferiram entre si estatisticamente (P>0,05), (Tabela 4).

Tabela 4. Componentes de ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo duas fontes comerciais e diferentes níveis de metionina

Níveis de Metionina Total (%)	**Peso (g)**			**Percentual** (%)		
	Albúmen	**Gema**	**Casca**	**Albúmen**	**Gema**	**Casca**
0,24 DD	36,12	16,26	5,37	62,51	28,22	9,28
0,30 DLM	37,83	16,73	5,51	62,94	27,88	9,18
0,36 DLM	39,72	16,72	5,45	64,14	27,05	8,81
0,42 DLM	40,77	16,64	5,50	64,78	26,49	8,73
0,30 MHA	39,07	16,15	5,68	64,08	26,59	9,33
0,36 MHA	39,83	16,60	5,49	64,32	26,86	8,82
0,42 MHA	41,70	17,26	5,87	64,24	26,70	9,06
Contraste[1]						
DD *vs* DLM	36,1 *vs* 39,4*	ns	ns	62,5 *vs* 64,0*	28,2 *vs* 27,1*	ns
DD *vs* MHA	36,1 *vs* 40,2*	ns	ns	62,5 *vs* 64,2*	28,2 *vs* 26,7*	ns
DLM *vs* MHA	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	**3,40**	**3,17**	**6,21**	**1,40**	**3,34**	**5,42**

[1]Contrastes: DD = dieta deficiente; DLM = Dl-metionina; MHA = metionina hidróxi análoga; *P>0,05; CV = coeficiente de variação.

Para Shafer et al. (1996) a ingestão de metionina pode alterar a composição sem alterar o tamanho do mesmo. Esses autores ao trabalharem com ingestão de metionina de 326 e 512 mg/ave/dia observaram maior peso dos ovos massa de ovos e sólidos totais para albúmen e gema quando utilizando o nível mais alto de aminoácido. No entanto, em outro estudo trabalhando com níveis de ingestão de metionina intermediários (328; 354; 392 e 423 mg/ave/dia) em relação ao estudo anterior, não foi observado diferença para produção de ovos e peso de ovos entre os níveis testados. Em relação aos sólidos totais e proteínas do albúmen e gema os dois níveis de ingestão mais elevados proporcionaram melhores resultados.

Cupertino et al. (2009), ao avaliarem diferentes níveis de suplementação de aminoácidos sulfurosos em aves leves e semipesadas no período de 54 a 70 semanas de idade constataram efeito de linhagem sobre os componentes internos dos ovos. Poedeiras leves apresentaram menor quantidade de albúmen e maior quantidade de gema em comparação aos ovos das aves semipesadas, demostrando influência genética sobre tais fatores.

De acordo com Faria et al. (2002), a nutrição com aminoácidos permite melhoria de características dos componentes do ovo, como o aumento de sólidos totais. Porém, neste experimento não foram observadas diferenças ($p>0,05$) para sólidos totais da gema, do albúmen e casca entre as duas fontes de metionina.

A produção de ovos respondeu de forma positiva a suplementação dos níveis de metionina. O modelo exponencial mostrou uma resposta linear crescente à medida que aumentou 0,06% de metionina na dieta houve um aumento considerável na produção de ovos. A análise de biodisponibilidade relativa da Metionina Hidróxi Análoga, calculada pela regressão linear múltipla em base equimolar, para poedeiras leves no período de 46 a 62 semanas de idade em relação a DL – Metionina foi de 106,30% para produção de ovos, de biodisponibilidade relativa da metionina em relação a DL – metionina, sendo esta considerada com 100% de bioeficácia (Figura 1).

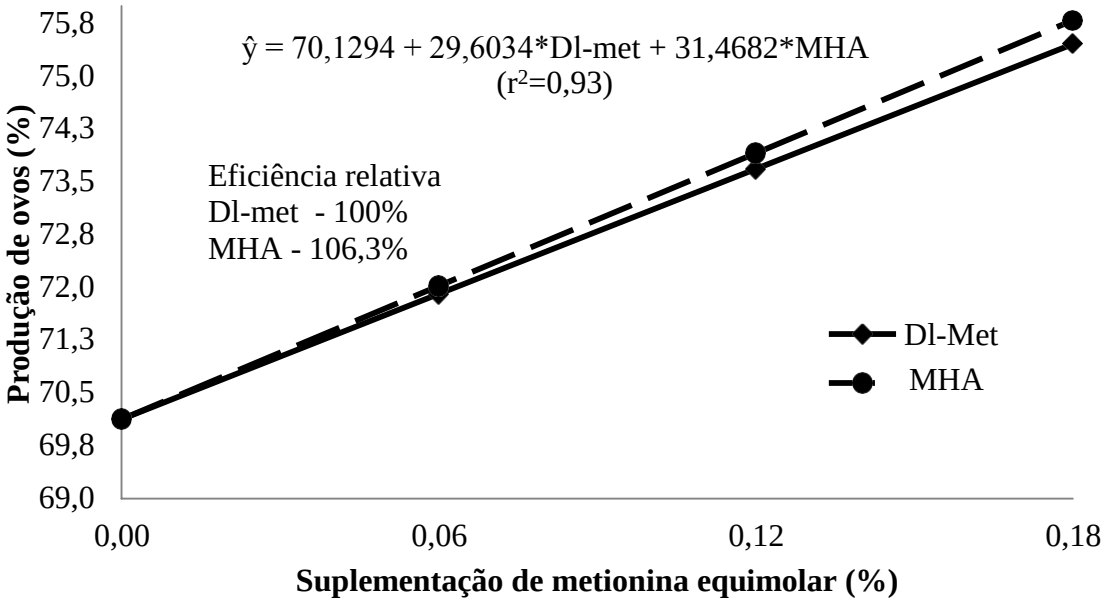

Figura 1. Biodisponibilidade da metionina hidroxi análoga (MHA) relativa Dl-metionina (Dl-met) sobre a produção de ovos.

A suplementação dos níveis de metionina proporcionou maior peso dos ovos. O modelo exponencial mostrou uma resposta linear crescente à medida que aumentou 0,06% de metionina na dieta houve um aumento considerável na produção de ovos. A análise calculada pela regressão linear múltipla em base equimolar com base no peso dos ovos apresentou biodisponibilidade relativa da Metionina Hidróxi Análoga, de 108, 74%, em relação a DL – metionina, sendo esta considerada com 100% de bioeficácia (Figura 2).

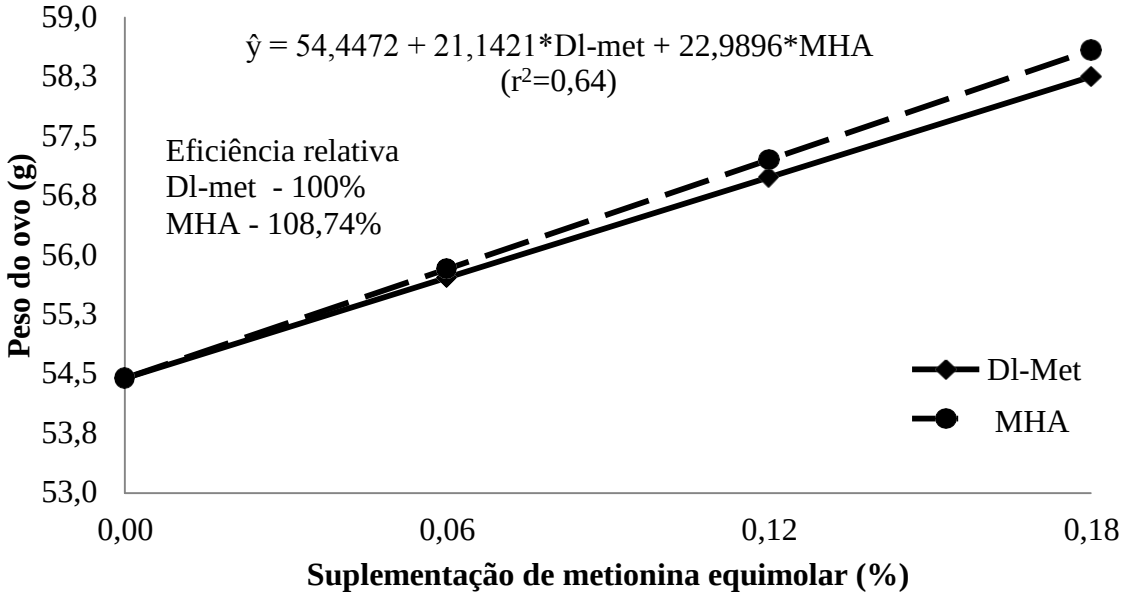

Figura 2. Biodisponibilidade da metionina hidroxi análoga (MHA) relativa Dl-metionina (Dl-met) sobre a peso do ovo.

Houve um aumento na massa de ovos à medida que incluir a suplementação de metionina na dieta das aves. O modelo exponencial mostrou que com cada adição de 0,06% de suplementação de metionina houve um ganho de 1,5g de massa de ovo. A análise calculada pela regressão linear múltipla em base equimolar com base na massa do ovo apresentou biodisponibilidade relativa da Metionina Hidróxi Análoga, de 107, 36%, em relação a DL – metionina, sendo esta considerada com 100% de bioeficácia (Figura 3).

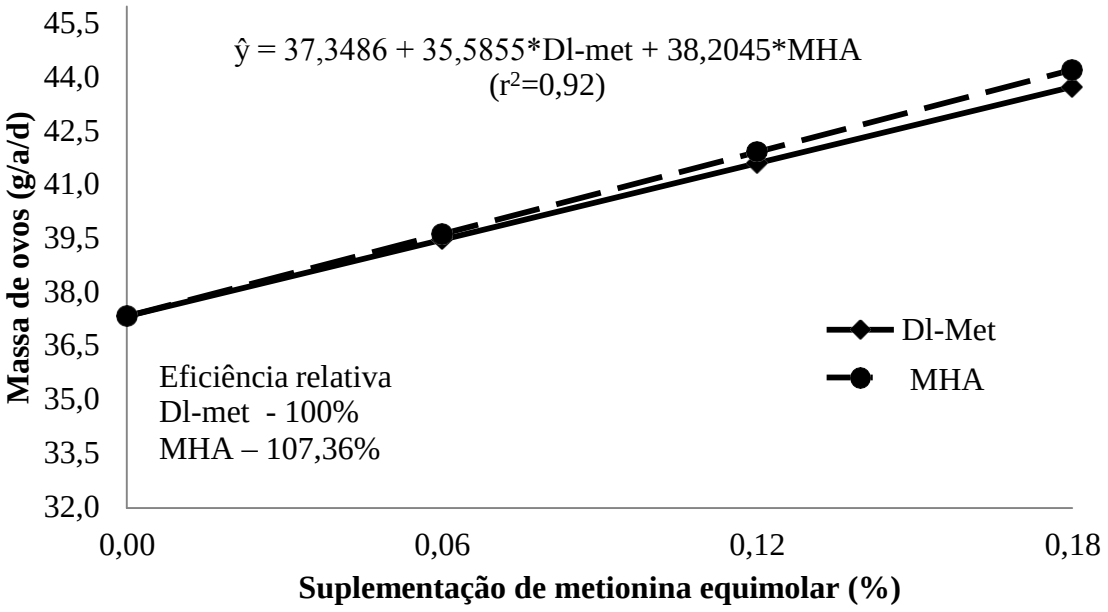

Figura 3. Biodisponibilidade da metionina hidroxi análoga (MHA) relativa Dl-metionina (Dl-met) sobre a massa de ovos.

A conversão alimentar também respondeu positivamente aos níveis de metionina suplementar. A conversão alimentar ao nível de zero suplementar de metionina foi 1,87. As conversões alimentares mais baixas para DLM e MHA-FA foi de 1,84, no nível suplementar de 0,18% de suplementação de metionina. No entanto, maior variação foi observada na conversão alimentar. A análise calculada pela regressão linear múltipla em base equimolar com base na conversão alimentar apresentou biodisponibilidade relativa da Metionina Hidróxi Análoga, de 108, 69%, em relação a DL – metionina, sendo esta considerada com 100% de bioeficácia (Figura 4).

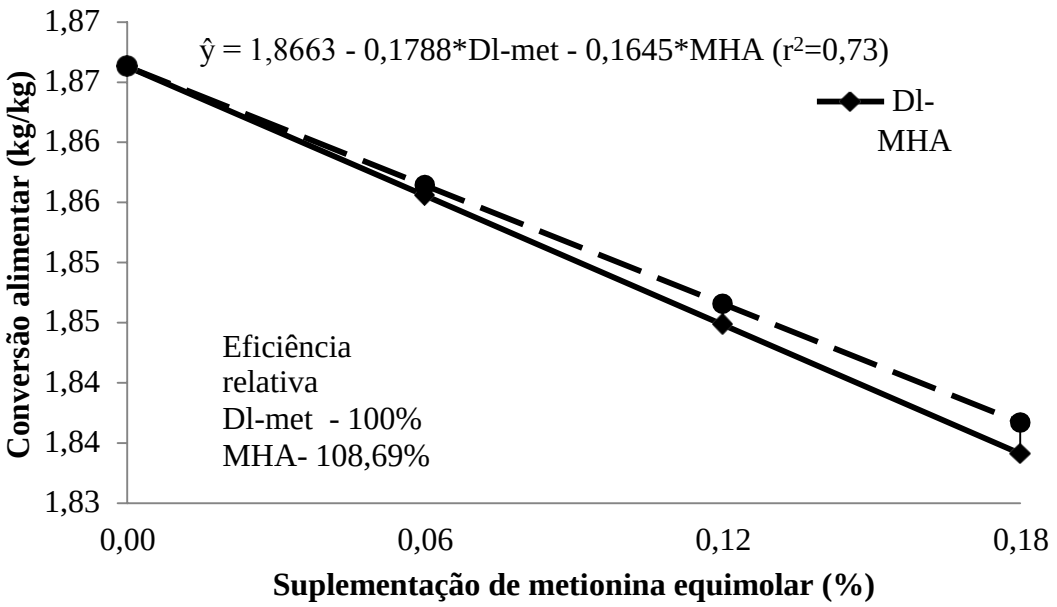

Figura 4. Biodisponibilidade da metionina hidroxi análoga (MHA) relativa Dl-metionina (Dl-met) sobre a conversão por massa de ovos.

A suplementação dos níveis de metionina utilizando DL – metionina e metionina hidróxi análoga apresentou efeito linear crescente para o peso do albúmen. A biodisponibilidade relativa da Metionina Hidróxi Análoga, calculada pela regressão linear múltipla, para poedeiras leves no período de 30 a 62 semanas de idade em relação a DL – Metionina foi de 109,12%, sendo que a DL metionina considerada com 100% de bioeficácia.

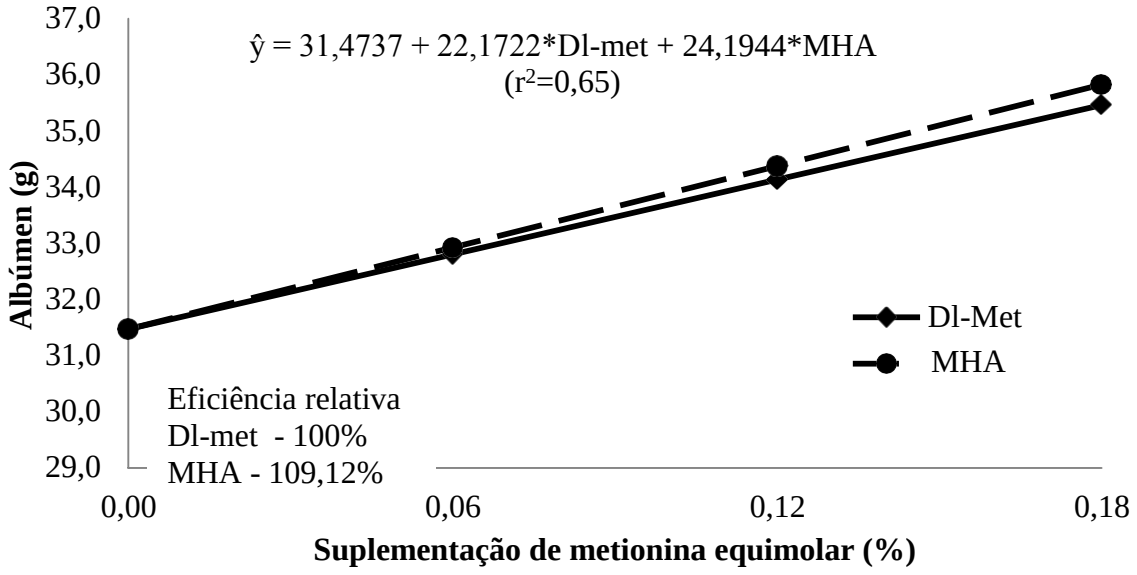

Figura 5. Biodisponibilidade da metionina hidroxi análoga (MHA) relativa Dl-metionina (Dl-met) sobre o peso do albúmen.

Os resultados de biodisponibilidade relativa da metionina, obtidos por regressão linear múltipla em base equimolar e em base do produto podem ser observados na (Tabela 5), onde a biodisponibilidade metionina hidróxi análoga foi de 108,04% na base equimolar e 95,08% na base do produto e a DL – metionina, sendo esta considerada com 100% de bioeficácia (Tabela 5).

Tabela 5. Valores de biodisponibilidade relativa da metionina hidróxi análoga líquida, obtidos por regressão linear múltipla em base equimolar e em base do produto

Fontes de metionina	**Metionina**		
	Total (%)	**Biodisponibilidade em base equimolar (%)**	**Biodisponibilidade em base do produto (%)**
Dl-metionina	100,00	99,00	99,00
MHA	88,00	108,04	95,08

Daenner e Bessel (2002) comparando o efeito da suplementação de DLM e MHA-AL sobre o desempenho de poedeiras de 22 a 45 semanas de idade, encontraram que a biodisponibilidade de MHA-AL em relação a DLM foi de 67 e 69% respectivamente, para massa diária de ovo e conversão alimentar.

Os dados encontrados nessa pesquisa apresentam valores superiores em relação aos descritos por Carvalho, (2005) para produção de ovos massa de ovos e conversão alimentar, onde a biodisponibilidade da MHA-AL foi calculada em 74,66, 73,97 e 71,17% respectivamente. Estes resultados indicam uma biodisponibilidade média de 73,22% da MHA-AL, em relação à DLM, na base do produto.

Liu et al. (2004a) realizaram um experimento com poedeiras comerciais pós-muda para estimar a biodisponibilidade da MHA-FA em relação à DL-Met, utilizando cinco níveis de suplementação (0,012; 0,024; 0,036; 0,048 e 0,060%) de DL-Met ou MHA-FA em base equimolar, em uma ração basal contendo 14,97% de proteína bruta e 0,27% de metionina. Não foram encontradas diferenças significativas ($P > 0,05$) em consumo de ração entre as aves alimentadas com DLM e as que receberam MHA-FA. A análise de regressão mostrou que a biodisponibilidade da MHA-FA em relação à DLM em base molar foi 88,7% (produção de ovos), 88,0% (massa de ovos) e 84,6% (peso dos ovos) com o modelo exponencial e com o modelo “slope ratio” foi de 89,7% (produção de ovos), 89.6% (massa de ovos) e 86.8% (peso dos ovos). A biodisponibilidade média de MHA-FA em relação à DLM foi 88% em base molar.

Esses mesmos autores Liu et al. (2004b) citaram em seu trabalho que a biodisponibilidade da MHA-AL em relação a DLM foi de 139% na base molar e 122% na base do produto, valores bem superiores aos encontrados nesse estudo. Estes autores fizeram a comparação de DLM e MHA-AL fazendo a suplementação na base molar, foi considerado que a DLM teria 99% de metionina e a MHA-AL 88% monômeros (forma poliméricas), assim fazendo a suplementação foi adicionado mais MHA-AL do que DLM, para que as rações fornecessem a mesma quantidade de metionina, dentro de cada nível, independente da fonte. Desta forma, pelos resultados obtidos os autores observaram que a biodisponibilidade da MHA-AL comparada com a DLM não foi diferente de 88% na base do produto ou 100% na base equimolar, ou seja, segundo os autores, desde que seja considerado a concentração de 88% de monômeros da MHA-AL esta pode substituir a DML.

De acordo com Lemme et al. (2007), as diferenças encontradas entre as duas fontes estudas podem ser atribuídas a vários fatores. Os produtos são quimicamente diferentes, a DLM é composta por 1% de água e 99% de metionina, sendo que as moléculas são constituídas de monômeros, ou seja, forma em que são absorvidos sem precisar de outra transformação (Pens Jr., 1994 e Lesson e Summers, 2001). Já a DL-HMB é composta por 12% de água e impurezas, 88% de substancias ativas, sendo que 65% destas moléculas estão sob forma monomérica e os 23 remanescentes em dímeros e oligômeros (Boebel e Baker, 1982). Quando na forma líquida, a hidróxi análoga apresenta-se como um ácido (ácido 2-hidróxi, 4-metiltiobutírico- MHA-FA) e, na forma de pó, como um sal de cálcio.

A metionina hidróxi análoga é similar a DL – metionina, exceto por conter um grupo hidróxido em lugar de grupo amino. Por isto, a metionina hidróxi análoga não é considerada um aminoácido, necessitando ser convertida em metionina por diferentes transformações enzimáticas no metabolismo animal.

As duas substâncias, metionina hidróxi análoga e a DL – metionina possuem dois isômeros (L e D), pois suas moléculas apresentam um carbono alfa assimétrico, ou seja, apresentam quatro ligantes diferentes, o que faz com que a luz polarizada migre para a esquerda ou para direita, na presença de cada isômeros. A forma L é biologicamente ativa (encontrada nos tecidos), enquanto a forma D é inativa, esta deve ser convertida na configuração L para ser utilizada posteriormente na síntese de proteína tecidual pelo organismo do animal (Bertechini, 2012).

Os mecanismos de absorção dos isômeros de metionina são diferentes. A L-Met e a D-Met são absorvidas de maneira ativa, o que permite que sejam transportados contra um gradiente de concentração. Já os diferentes isômeros da MHA-AL são absorvidos de forma passiva, por difusão, o que requer passagem de um meio de maior concentração da substância para um meio menos concentrado (Penz Jr. 1994).

Segundo Barbi et al. (2004) uma vez absorvida, os isômeros da metionina hidróxi análoga ou o isômero D da DL – metionina, devem ser convertidos em L – metionina para serem utilizados para a síntese de proteína.

A absorção intestinal e a excreção urinária são dois processos fisiológicos que podem limitar o uso das fontes de metionina. Aja visto que a DLM é absorvida de maneira ativa, o que permite que seja transportada contra um gradiente de concentração. Por outro lado, a MHAAL é absorvida de forma passiva, por difusão, sem gasto energético, sendo uma pequena parte absorvida através de carreadores (Suida, 2006). Por ser um ácido orgânico faz com que a maior quantidade do produto comercial seja absorvido em ambiente com baixo pH, como no trato digestivo superior.

Quanto à eficiência de absorção das fontes dietéticas de metionina os resultados são controversos. Knight e Dibner (1984) demonstraram que a MHAAL é absorvida pelo trato digestivo das aves tão rápido quanto a L-metionina. Dibner et al. (1992) mostraram que a MHA-AL pode ser ativamente absorvida através do trato gastrointestinal e a proporção de incorporação na proteína é similar aos outros análogos da metionina. Sendo que, a DLM tem maior afinidade pelo transportador do que os análogos de metionina.

Além disso, a DL-HMB é parcialmente degradada por microrganismos intestinais, foto que parece afetar significativamente a eficiência de absorção. Uma vez que é absorvida passivamente, a DL-HMB permanece por mais tempo no lúmen intestinal, sendo sujeita a uma maior degradação pré-absortiva. Isso foi comprovado por Drew et al. (2003) que, utilizando dietas marcadas, verificaram que a DL-HMB é cerca 10% menos absorvida na porção distal do íleo do que a DL – metionina.

As moléculas de DL-HMB ao serem convertidas em L – metionina por transaminação acarretam em perdas adicionais da eficácia biológica do HMB, as quais são adicionadas às perdas ocorridas no intestino, podendo ser esta mais uma razão para a baixa eficiência relativa da DL-HMB (Hasseberg, 2002).

Estudando a absorção intestinal da MHA-FA, Dibner et al. (1988) concluíram que a proporção de incorporação da MHA-FA, na proteína, é similar a outros análogos da metionina. Os autores concluíram que não deve ser na transformação da MHA-FA em L-Met as dificuldades na substituição da metionina por seus análogos.

Conforme Boebel & Baker (1982), não seria apenas a composição da dieta basal que influenciaria a eficiência da utilização da MHA-FA, mas as diferenças nos níveis da metionina dietética e o total dos aminoácidos sulfurados contidos na dieta basal. Eles enfatizam que, em dietas tipo milho e soja, nas quais proteínas intactas suprem a maioria das necessidades das aves em aminoácidos sulfurados, pequena quantidade da metionina suplementar seria necessária e, desta forma, as diferenças entre as fontes de metionina seriam pouco evidenciadas.

Nesse contexto, devemos levar em consideração que a metionina é um aminoácido essencial para galinhas poedeiras, com influência direta sobre os parâmetros produtivos dessas aves, bem como sobre a síntese dos componentes do ovo. Na formulação de rações para poedeiras deve-se considerar a exigência adequada de metionina para garantir o bom desempenho produtivo destas aves. Contudo, para assegurar que seja atingida a exigência de metionina, é imprescindível que cada fonte sintética seja utilizada de maneira adequada. É sempre importante ficar claro qual o valor real de metionina a ser considerado para cada fonte e não apenas considerar a concentração do MHA-FA 88% ou MHA-Ca 84%, mas sim utilizar o valor real de metionina que a ave conseguirá aproveitar destes precursores.

Deve-se levar em consideração que a DL-Metionina 99% é prontamente absorvida pela ave, enquanto o processo de absorção dos precursores de metionina (MHA-Fa 88% ou MHACa 84%) não é tão eficiente. Por esse motivo a quantidade de metionina real de ser estimada de forma que as aves consigam o máximo aproveitamento.

2.4. Conclusões

A biodisponibilidade relativa da metionina, obtidos por regressão linear múltipla em base equimolar e em base do produto para metionina hidróxi análoga foi de 108,04% na base equimolar e 95,08% na base do produto e a DL – metionina, sendo esta considerada com 100% de bioeficácia.

2.5. Referências

AHMAD, H.A.; ROLAND, D.A.; BRYANT,M.M. Effects of increased light and added methionine on molted hens. **Journal of Applied Poultry Research**, v.6, n.4, p.373-380, 1997.

Baker, D.H.; Fernandez, S.R.; Webel, D.M. and Parsons, C.M. 1996. Sulfur amino acid requirement and cystine replacement value of broiler chicks during the period three to six weeks post-hatching. **Poultry Science**, 75: 737-42.

BARBI, J. H. T.; DINBER, J.; PEAK, S. Mais que uma fonte de metionina. **Revista Aveworld**, n. 11, p.38-43, 2004.

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: UFLA, v.2, 2012. 373p.

BOEBEL, K. P. BAKER, D. H. Efficacy of the calcium salt free forms of methionine hydryxy-analog for chicks. **Poultry Science**. v.61, p.1167-1175, 1982.

BRUMANO, G. 2008. Níveis de metionina + cistina digestíveis em rações para poedeiras leves nos períodos de 24 a 40 e de 42 a 58 semanas de idade. **Tese** (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, UFV. Viçosa-MG. 103 pp.

BUNCHASAK, C. POOSUWAH, K. NUKRAEW, R. et al. Effect of dietary protein on egg production and immunity responses of hens during peak production period. **International Journal of Poultre Science**. v.4, n.9, p.701,708, 2005.

DIBNER, J.J.; ATWELL, C.A.; IVEY, F.J. Effect of heat stress on 2-hydroxy-4- (methylthio) butanoic acid and DLmethionine absorption measured in vitro. **Poultry Science**, v. 71, p.1900-1910, 1992.

DIBNER, J. J. et al. Absorption of 14C-2-htdroxy-4-(methylthio)butanioc acid (Alimet) from the hindgut of the broiler chick**. Poultry Science**, v. 67, p. 1314-1321, 1998.

CARVALHO, D.C.O. et al. Bioeficácia de fontes de metionina para poedeiras leves submetidas a estresse térmico. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., Campo Grande, MS. **Anais**/CD ROM. Campo Grande: SBZ, 2004.

CARVALHO, D. C. O. Biodisponibilidade de fontes de metionina e exigências nutricionais de lisina e de triptofano para poedeiras leves, mantidas em ambiente de alta temperatura na fase de produção. Universidade Federal de Viçosa. **Tese**. Viçosa, Minas Gerais - 2005.

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.

DAENNER, E. E., BESSEL, W. Efectividad de DL-Metionina Hidroxi Análoga (DL-MHA-FA) comparada com DL-Metionina el desempeño de gallinas ponedoras. **Amino News™**, v. 3, n.4, p. 24. 2002.

D'Mello, J.P.F. 2003. Amino acid in farm animal nutrition. 2ª ed. Cabi. Wallingford. 440 pp.

DREW, M.D.; VAN KESSEL, A.A.; MAENZ, D.D. Absorption of methionine and 2-hydroxy-4- methylthiobutanoic acid in conventional and germ-free chickens. **Poultry of Science**, v. 82, p.1149–1153, 2003.

EISEN, E. J., B. B. BOHREN, and MCKEAN, H. E. The Haugh unit as a measure of egg albumen quality. **Journal Poultry Science**. 41:1461–1468, 1962.

FRASER, A. C.; BAIN, M. M. SOLOMON, S. E. Organic protein matrix morphology and distribuition in the palisade layer of eggshell sampled at selected periods during lay. **British Poultry Science**, v.39, p.225-228, 1998.

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

HASSEBERG, H. A. No hay una monomerización importante em metionina hidroxianáloga. **Amino News™**, v.3, n. 1, 2002.

JANSMAN, A. J. Comparison of the biological efficacy of DL-methionine and hydroxy-4-mthylthiobutanoic acid (HMB) in pigs and poultry. **ID-lelystad Report**. Then Netherlands, 15pp. Plus Appendices. n. 2209, 2003.

KOELKEBECK, K.W.; BAKER, D.H.; HAN, Y. et al. Effect of excess lysine methionine, threonine or tryptophan on production performance of laying hens. P**oultry Science**, v.70, p.1651-1653, 1991.

KOELKEBECK, K.W.; PARSONS, C.M.; LEEPER, R.W. et al. Effect of supplementation of a low-protein corn molt diet with amino acids on early postmolt laying hen performance. **Poultry Science**, v.72, n.8, p.1528-1536, 1993.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Nutrition of the chicken**. 4.ed. Guelph: University Books, 2001, 591p.

LEMME, A.; PETRI, A,; REDSHAW, M. Revisão: O que há de novo sobre as fontes comerciais de metionina em aves, (S.L.): **Degussa Feed Additives-amino acids and more**, 2007. 34p.

LITTELL, R.C.; LEWIS, A.J.; HENRY, P.R. Statistical evaluation of bioavalability assays. In: AMMERMAN, C.B.; BAKER, D.H.; LEWIS, A.J. **Bioavalability of nutrients for animals: Amino Acids, Mineral and Vitamins.** Londres: Academic Press, 1995. p. 5-35.

LIU, Z.; BATEMAN, A.; BRYANT, M. M. et al. Estimation of biovailability DL-methionine hydroxy analogue relative to DL-metionine in layers with exponencial and slope-ratio models. **Poultre Science,** v. 83, p. 1580-1586 2004a.

LIU, Z.; BRYANT, M. M.; ROLAND D. A. Bioavailability estimation of DL-methionine hydroxy analogue relative to DL-metionine in layers fed milo-soybean diets using diferente regression models. **Jounal Applied Poultry Research**, v. 13, p. 461-467, 2004b.

PENZ, A. M. Metionina e hidróxi análoga (MHA) em nutrição de aves. In: Conferência Apinco de Ciências e Tecnologia Avícola, 1994, Campinas, **Anais**... Campinas: FACTA, 1994, p. 85-94.

PAVAN, A. C. MÓRIL, C. GARCIA, E. A. et al. Níveis de Proteína Bruta e de Aminoácidos Sulfurados Totais sobre o Desempenho, a Qualidade dos Ovos e a Excreção de Nitrogênio de Poedeiras de Ovos Marrons **Revista. Brasileira. Zootecnia.**, v.34, n.2, p.568-574, 2005.

ROLAND, D. A. Influence of protein, energy and calcium on egg shell weight and shell quality of the laying hen. In: WORLD'S POULTRY CONGRESS, 16., 1978, Rio de Janeiro. **Anais**... Rio de Janeiro: 1978. p.1073-1077.

RODRIGUES, P. B.; BERTECHINI, A. G.; OLIVERIA, B. C. 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 suínos e aves: Composição e exigências nutricionais.** 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 186p.

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.

SHAFER, D. J.; CAREY, J. B.; PROCHASKA, J. F.; et al. Dietary methinine effects on egg componente yield, composition, functionality and texturw profile analysis. **Poultre Science**, v.7, p.1056-1062, 1998.

SOHAIL, S.S.; BRYANT, M.M.; ROLAND, D.A. Influence of supplemental lysine, isoleucine, threonine, tryptophan and total sulfur amino acids on egg weight of Hy-Line W-36 hens. **Poultry Science**, v.81, n.7, p.1038-1044, 2002.

SILVA, M. F. R.; FARIA, D. E.; RIZZOLI, P. W. et al. Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com rações contendo diferentes níveis de metionina e lisina1 **R. Bras. Zootec**., v.39, n.10, p.2246-2252, 2010

TIMMLER, R.; RODEHUTSCORD, M. Dose-response relationships for valine in the growing White Pekik duck. **Poultry Science**, v.82 p.1755-1762, 2003.

VAN WEERDEN, E.J.; SCHUTTLE, J.B.; BERTRAM, H.L. Utilization of the polymers of methionine hydroxy analogue free acid (MHA-AL) in broiler chicks. **Archive Fur Geflugelkunde**, v. 56, p.63-68, 1992.A