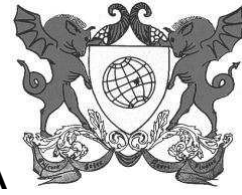


UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA



ARIOLINO MOURA DE OLIVEIRA NETO

**AVALIAÇÃO DE FONTES DE METIONINA EM RAÇÕES PARA FRANGOS DE
CORTE EM CRESCIMENTO**

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2013**

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

O48a
2013
Oliveira Neto, Ariolino Moura de, 1986-
Avaliação de fontes de metionina em rações para frangos de
corte em crescimento / Ariolino Moura de Oliveira Neto. –
Viçosa, MG, 2013.
xiii, 43f. : il. ; 29 cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Horácio Santiago Rostagno.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.31-37.

1. Frango de corte - Nutrição. 2. Proteínas na nutrição animal. 3. DL-metionina. 4. Aminoácidos na nutrição. 5. Frango de corte - Registros de desempenho. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia. Mestrado em Zootecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 636.50852

ARIOLINO MOURA DE OLIVEIRA NETO

**AVALIAÇÃO DE FONTES DE METIONINA EM RAÇÕES PARA FRANGOS DE
CORTE EM CRESCIMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2013

ARIOLINO MOURA DE OLIVEIRA NETO

**AVALIAÇÃO DE FONTES DE METIONINA EM RAÇÕES PARA FRANGOS DE
CORTE EM CRESCIMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 16 de julho de 2013

Melissa Izabel Hannas
(Coorientador)

Luiz Fernando Teixeira Albino
(Coorientador)

Ramalho Jose Barbosa Rodrigueiro

Horácio Santiago Rostagno
(Orientador)

DEDICO

A Deus, pela vida.

Aos meus pais, pelo amor, carinho e dedicação em todos os momentos.

A minha irmã, Priscila Santos Dantas de Santana, com carinho.

Ao meu Padrinho, Fernando Dantas de Santana, por sempre me acompanhar.

Ao professor Horácio Santiago Rostagno, pela oportunidade e satisfação.

Ao professor Luiz Fernando Teixeira Albino, pela atenção.

Ao professor Claudsonde Oliveira Brito, pela amizade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Horácio Santiago Rostagno, pela oportunidade e atenção durante todo esse período do mestrado.

Ao professor Luíz Fernando Teixeira Albino por toda a ajuda e satisfação em trabalhar com ele.

Ao professor Claudson de Oliveira Brito que nunca deixou de ser meu orientador e grande amigo.

A professora Melissa pelo companheirismo de trabalho e do dia a dia.

Ao Dr. Ramalho Rodrigues, pela atenção e conselhos.

Aos meus tios e tias, em especial a minha tia Maria, que sempre me disseram palavras de incentivo para minha carreira profissional e minha vida.

Aos meus primos, em especial a Matheus Alves Moura e Ana Nery, não só como primos mais também grandes amigos.

Quero agradecer aos meus amigos-irmãos Dandara, Jefferson, Karen e Thiago Maciel, aos quais sempre me orgulham.

Aos meus grandes amigos que me acompanham desde sempre Eduardo (Dudu), Marcel, Obed e Rafael Oliva, que sempre podem contar comigo pra tudo que precisarem.

Aos meus novos irmãos de república que me aguentaram durante esse tempo todo e que fizeram com que esse tempo fosse ainda melhor, Fernando (Beijo), Gabriel, e Paulo Roberto (Beto).

Aos grandes amigos que pude ter a oportunidade de conhecer aqui em viçosa e que me fizeram ainda mais feliz Ana Lucia, Gisela, Davi e Diego (Argentino).

Aos meus grandes amigos e companheiros pra toda obra Victor Sales, Bruno Carvalho, Rosana, Valdir e Gabriel.

Aos meus amigos e colegas de trabalho, Sandra, Bruno Damaceno, Helvio (juninho), Bruna, Luana, , Maurilio, Rodrigo (Roska), Diego Ladeira, Rodolfo, Leandro e o Matheus (“Calouro”).

Ao meu Padrinho por ter sempre me ajudado me dando atenção e acompanhando mesmo de longe.

A minha irmã que apesar de um pouco difícil de si lidar sempre acabamos nos entendendo e nos ajudando para lidar com as coisas as quais poucos sabem resolver.

Agradeço muito mais muito mesmo ao meu pai por sempre estar me acompanhando e me fazendo sentir bem, por me mostrar como é bom correr atrás do que gostamos e lutar pelo impossível e espero que ele saiba que ele é e sempre será meu ídolo meu exemplo.

Quero agradecer imensamente e nem sei como, a minha mãe por inúmeras coisas as quais não caberiam nesta única folha, mas principalmente quero agradecer por acreditar em mim e nunca ter desistido, por estar sempre preocupada comigo e cuidando como pode a distancia.

E não poderia esquecer de agradecer a Deus por tudo que me fez passar seja as satisfações ou as coisas que precisei aprender.

BIOGRAFIA

ARIOLINO MOURA DE OLIVEIRA NETO, filho de Genival Dantas de Santana e Arilene Santos Dantas de Santana, nasceu em 24 de Julho de 1986, em Aracaju – SE.

Em 2007 iniciou o Curso de Zootecnia pela Universidade Federal de Sergipe, graduando-se em Julho de 2011.

Em Agosto de 2011 iniciou o Curso de Pós-Graduação em Zootecnia a nível de mestrado pela Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos.

Em Julho de 2013, submeteu-se à defesa de tese para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

SUMÁRIO

LISTA DE INLUSTRAÇÕES.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
1 – INTRODUÇÃO.....	1
2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Proteína ideal para frangos de corte.....	3
2.2 Metionina na nutrição de frangos de corte.....	4
2.3 Fontes de Metionina.....	5
2.4 Moléculas de metionina e dos hidróxi-análogos.....	6
2.5 Digestão e absorção das fontes de metionina.....	9
2.6 Metabolismo e excreção da metionina e de seus hidróxi-análogos.....	9
2.7 Bioeficiência das fontes de metionina.....	11
2.8 Efeito das diferentes fontes de metionina no desempenho.....	12
2.9 Efeitos das diferentes fontes de metionina sobre o rendimento e composição da carcaça.....	13
3 – MATERIAL E METODOS.....	16
3.1 Local e duração.....	16
3.2 Animais.....	16

3.3 Instalações, equipamento e manejo.....	16
3.4 Delineamentos e dietas experimentais.....	18
3.5 Coletas de dados e características avaliadas.....	20
3.5.1 Desempenho produtivo.....	20
3.5.2 Características de carcaça.....	21
3.5.3 Análise do rendimento econômico.....	21
3.6 Análise estatística.....	23
4 – RESULTADOS.....	24
4.1 Características de desempenho zootécnico.....	24
4.2 Características de qualidade de carcaça.....	25
4.3 Análise econômica.....	26
5 – DISCUSSÕES.....	27
6 – CONCLUSÃO.....	30
REFERÊNCIAS.....	31
APÊNDICE.....	38

LISTA DE INLUSTRAÇÕES

Figura 1 - Formula estrutural da metionina.....	16
Figura 2 - Estrutura da metionina e do hidróxi-análogo de metionina.....	18
Figura 3 - D e L aminoácido.....	19
Figura 4 - Isômeros de metionina.....	20
Figura 5 - Rotas de transformação de D-metionina e dos L e D-hidróxi-análogos de metionina.....	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos experimentais.....	30
Tabela 2 - Composição da dieta experimental (14 a 28 dias).....	31
Tabela 3 - Composição calculada dos aminoácidos totais das dietas experimentais.....	32
Tabela 4 - Custo dos ingredientes, em reais, por quilograma, utilizados nas formulações das dietas experimentais.....	35
Tabela 5 - Custo das dietas experimentais para frangos.....	35
Tabela 6 - Médias de temperatura máxima, mínima e média no interior do galpão durante o período experimental.....	36
Tabela 7 - Desempenho de frangos de corte no período 14 a 28 dias de idade, recebendo diferentes fontes de metionina.....	37
Tabela 8 - Qualidade de carcaça de frangos de corte no período 14 a 28 dias de idade, recebendo diferentes fontes de metionina.....	38
Tabela 9 - Análise econômica de frangos de corte com 14 a 28 dias de idade, recebendo diferentes fontes de metionina.....	39

RESUMO

OLIVEIRA NETO, Ariolino Moura de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2013. **Avaliação de fontes de metionina em rações para frangos de corte em crescimento** Orientador: Horácio Santiago Rostagno. Coorientadores: Luíz Fernando Teixeira Albino e Melissa Izabel Hannas.

Objetivou-se com esse trabalho avaliar os efeitos das diferentes bioeficiências da MHA (Metionina Hidróxi-Análoga), quando utilizada como fonte de metionina em comparação a DL- Metionina, em diferentes relações de Proteína Ideal (PI), sobre o desempenho e qualidade de carcaça de frangos de corte na fase de crescimento. Foram utilizados 2400 frangos de corte machos da linhagem Cobb 500, de 14 a 28 dias de idade, distribuídos em delineamento em blocos casualizados divididos em 6 tratamentos e 16 repetições com 25 animais por unidade experimental. Os tratamentos com as respectivas fontes de metionina foram identificados como: T1 - assumiu-se que a MHA continha 88% de bioeficiência (BE) e um nível esperado de Metionina + Cistina de 0,750% com nível de lisina (Lis) de 1,01%, T2 - a fonte de metionina foi substituída pela DL-metionina considerando uma BE de 65% sem considerar a proteína ideal e mesmo nível de Lis que T1, T3 - utilizando a MHA considerando uma BE de 65% a um nível de lisina de 0,936%, T4 - é o mesmo do T3 somente com a substituição da MHA pela DLM, T5 - utilizando a MHA considerando uma BE de 65% ,so que a um nível de Lis de 1,01% e T6 - o mesmo do T5 só que substituindo a MHA pela DL-metionina. Avaliou-se as características de desempenho consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA), peso final (PF) as características de carcaça, peso corporal (PC), peso de peito com osso (PPCO) e sem osso (PPSO), rendimento de peito sem pele com osso (RPCO) e sem osso (RPSO) e as características econômicas, Receita Bruta Média (RBMe), Custo Médio de Arraçoamento (CMeA), Margem Bruta Média (MBMe) e Índice de Rentabilidade (IR). Nenhuma diferença foi encontrada entre os tratamentos para o CR ($P > 0,05$), entretanto no GP foi observada diferença menor ($P < 0,05$) para T3 e T4 em relação a T1, T2, T5 e T6, aos quais não diferenciaram entre si ($P > 0,05$). A CA foi melhor ($P < 0,05$) para os T1 e T2 em relação a T3 e T4, porém os mesmo não diferiram ($P > 0,05$) de T5 e T6. O mesmo aconteceu no PF de T3 e T4 que tiveram médias estatisticamente menores ($P < 0,05$) que os demais. As

médias do PC de T3 e T4 foram menores ($P < 0,05$) que a dos outros tratamentos, aos quais não diferenciaram entre si. O PPCO de T5 e T6 foram melhores ($P < 0,05$) que as de T3 e T4, no entanto T1 e T2 não diferiram aos demais. O PPSO dos tratamentos 1, 2, 5 e 6 foram melhores ($P < 0,05$) quando comparados a T3 e T4. Para a característica RPCO, não foi observada diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos. A média do RPSO foi melhor ($P < 0,05$) em T5 e T6 quando comparados com T3 e T4, contudo nos tratamentos 1 e 2 não foram observadas diferença em relação aos demais. A RBMe dos tratamentos 1, 2, 5 e 6 não diferiram entre si ($P > 0,05$), no entanto foram melhores quando comparados a T3 e T4. O inverso foi observado no CMeA onde T1 e T2 tiveram um custo menor ($P < 0,05$) que os demais tratamentos. Na avaliação do parâmetro MBMe T5 e T6 foram melhores ($P < 0,05$) que os T3 e T4 enquanto T1 e T2 não diferiram de nenhum dos outros tratamentos. Nenhuma diferença ($P > 0,05$) foi encontrada para o IR. Concluiu-se que não a diferença entre as fontes de metionina MHA e DLM, quando levada em consideração uma bioeficiência de 65% e mesma relação Lis:M+C, nas características de desempenho e qualidade de carcaça em frangos de corte de 14 a 28 dias de idade.

ABSTRACT

OLIVEIRA NETO, Ariolino Moura de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July of 2013. **Evaluation of methionine sources in diets for broilers growing.** Adviser: Horácio Santiago Rostagno. Co-advisers: Luíz Fernando Teixeira Albino and Melissa Izabel Hannas.

The objective of this study was to evaluate the effects of different bio efficiencies (BE) of MHA (Methionine Hydroxy-Analogue), when used as a source of methionine compared to DL-Methionine (DLM) in different ratio of Ideal Protein (IP) on the performance and quality of carcass of broilers during growth. Were used 2400 Commercial Cobb 500 broilers, from 14 to 28 days of age in randomized blocks divided into 6 treatments and 16 repetitions with 25 birds per experimental unit. The treatments with the respective sources of methionine were identified as: T1 - it was assumed that 88% of MHA contained BE and an expected level of Methionine + Cystine 0.750% with level of lysine (Lys) of 1.01 %, T2 - a source of methionine has been replaced by considering a DLM with 65% of BE and without considering the PI and Lys same level as T1, T3 - using the MHA considering an BE of 65% to a level of lysine 0.936%, T4 - is the same of T3 only with the replacement of the MHA to DLM, T5 - using MHA considering a 65% of BE, however Lys at a level of 1.01%, T6 just the same of T5 but replacing DLM for MHA. Was evaluated the performance characteristics of feed intake (FI), weight gain (WG), feed conversion (FC), final weight (FW), the carcass characteristics, body weight (BW), Breast with skin & bone weight (BSBW), Breast fillet weight (BFW), Breast with skin &bone yield (BSBY) Breast fillet yield (BFY) and the economic characteristics, Average gross revenue (AGR), Average cost of feed management (ACF), Average gross margin (AGM) and Profitability index (PI). No differences were found between treatments for FI ($P > 0.05$), however the WG minor difference was observed ($P < 0.05$) for T3 and T4 compared to T1, T2, T5 and T6, which no differ from each other ($P > 0.05$). The FC was better ($P < 0.05$) for T1 and T2 compared to T3 and T4, but the same did not differ ($P > 0.05$) of T5 and T6. The same happened in the FW of T3 and T4 that had means statistically lower ($P < 0.05$) than the other. The average BW of T3 and T4 were lower ($P < 0.05$) than the other treatments, which did not differ among themselves. The BSBW of T5 and T6 were better ($P < 0.05$) than those of T3 and T4,

however T1 and T2 did not differ to others. The BFW of treatments 1, 2, 5 and 6 were higher ($P < 0.05$) as compared to T3 and T4. For the characteristic BSBY, no difference was observed ($P > 0.05$) between treatments. The average of BFY was better ($P < 0.05$) at T5 and T6 compared to T3 and T4, however in treatments 1 and 2 were not observed difference in relation to others. The AGR of treatments 1, 2, 5 and 6 did not differ ($P > 0.05$), but was better when compared to T3 and T4. Opposite was observed in ACF where T1 and T2 had a lower cost ($P < 0.05$) than the other treatments. In the evaluation of the parameter AGM, T5 and T6 were higher ($P < 0.05$) than the T3 and T4 as T1 and T2 did not differ from any of the other treatments. No differences ($P > 0.05$) was found for the IR. It was concluded that there is no difference between sources of methionine MHA and DLM when taken into account a 65% of BE on the same Lis: M + C relationship, in the performance characteristics and carcass quality in broilers from 14 to 28 days old.

INTRODUÇÃO

A evolução avícola vem acompanhada de melhorias nas condições de alimentação, manejo, sanidade e comercialização. Junto a isso, o avanço na genética dos frangos de corte traz como consequência, além da melhoria nos parâmetros zootécnicos, uma necessidade constante de ajustes nas exigências nutricionais para permitir a completa expressão do potencial genético das aves. A indústria tem disponibilizado ao mercado aminoácidos industriais, permitindo assim a formulação de dietas mais adequadas as necessidades dos animais.

A alimentação representa aproximadamente 70% do custo total da produção animal, tendo as fontes protéicas grandes contribuições. Uma vez que a proteína é o principal componente dos órgãos e estruturas moles do organismo animal, a sua suplementação nas dietas se faz necessária, para o crescimento para a manutenção das funções vitais.

No Brasil, as dietas práticas formuladas à base de milho e farelo de soja, pode suprir as necessidades de aminoácidos sem, contudo, atender a exigência em metionina e/ou aminoácidos sulfurados, exigindo a utilização das fontes de metionina industrial para que a resposta de desempenho das aves sejam eficientes (RODRIGUES et al., 1996). A metionina, em dietas para aves, é o primeiro aminoácido limitante; logo, a concentração adequada deste aminoácido é de fundamental importância para determinar que outros aminoácidos possam ser utilizados com eficiência para a síntese de proteína.

Dentre as varias fontes de metionina para a nutrição de frangos de corte as mais utilizadas são: DL-Metionina (DLM), na forma em pó, e a Metionina Hidroxi-Análoga – Ácido Livre (MHA-AL), na forma líquida. A MHA, por ser um análogo deve ser estabelecido a sua biodisponibilidade frente a DLM para assegurar o desempenho ideal do animal. A DLM é uma fonte de aminoácido, que contém 99% de monômeros de metionina, divididos em 50% na forma D e 50% na forma L e a MHA-AL contém 88% nas formas monoméricas e poliméricas (dímeros e oligômeros) de MHA e 12% de água.

A MHA-AL por ser um análogo da DLM, contém na sua estrutura química um grupo hidróxido no lugar de um grupo amino. Por isto, a MHA-AL não é considerada

um aminoácido, necessitando ser convertida em L-metionina por diferentes transformações enzimáticas no metabolismo animal. Além disso, os animais, inclusive as aves, conseguem utilizar apenas a forma L dos aminoácidos para síntese protéica. Então, a forma D deve ser convertida na forma L para ser utilizada pelo organismo animal. Na MHA-AL todos os isômeros D e L são convertidos, a L-metionina, enquanto que na DLM apenas o isômero D deve ser convertido.

A absorção das fontes de metionina em frangos de corte mostrou que a DLM é rapidamente absorvida na parte inicial do intestino delgado, enquanto que a MHA-AL é absorvida mais lentamente e menos eficientemente ao longo de todo trato digestivo. Este fato foi comprovado por estudos realizados por Drew e Maenz (2001), os quais observarão cerca de 11 a 15% de MHA-AL na porção final do intestino delgado. 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 ocorridas no intestino, podendo ser esta uma das razões para a biodisponibilidade da MHA-AL ser menor em relação a DLM (HASSEBERG, 2002).

Portanto, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar os efeitos das fontes de metionina em diferentes relações de Proteína Ideal, sobre o desempenho e qualidade de carcaça de frangos de corte na fase de crescimento.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Proteína ideal para frangos de corte.

A formulação de rações para suínos e aves foi, durante muitos anos, baseada no conceito de proteína bruta, resultando em dietas com níveis de aminoácidos, na maioria das vezes, acima das exigências dos animais, levando a um aumento na excreção de nitrogênio. Atualmente, é possível formular rações que satisfaçam as necessidades específicas de aminoácidos essenciais por meio do uso da digestibilidade dos ingredientes e aminoácidos industriais.

A suplementação com aminoácidos essenciais visa formular rações com o mínimo de proteína bruta, sem comprometer o desempenho animal. Algumas dessas vantagens envolvem a maximização do uso de aminoácidos para a síntese protéica, e não como fonte de energia, a diminuição da poluição ambiental e a redução no custo de produção e na exigência dietética do aminoácido limitante.

Os aminoácidos entram em diversas reações metabólicas, e algum excesso ingerido é utilizado sem efeitos prejudiciais. Porém, há evidências de que, em desequilíbrio, os aminoácidos podem acelerar efeitos deletérios profundos em diversas classes de animais, os quais podem surgir do consumo e absorção de aminoácidos essenciais ou não essenciais em quantidades e formas inadequadas àquela necessária para ótima utilização nos tecidos (D' MELLO, 1994), o que leva ao aumento na excreção de nitrogênio.

Como solução para essa situação surgiu o conceito de proteína ideal, que, segundo Parsons & Baker (1994), pode ser definida como uma relação de aminoácidos com total disponibilidade de digestão e metabolismo, capaz de fornecer, sem excessos nem deficiências, as necessidades absolutas de todos os aminoácidos requeridos para manutenção e produção das aves, minimizando a excreção de nitrogênio.

A proteína ideal ou combinação de aminoácidos não devem estar em excesso. Assim, uma dieta que contém perfeito equilíbrio em aminoácidos essenciais e não essenciais, será definida como ideal, onde os 20 aminoácidos devem estar presentes na dieta para atender a exigência de manutenção e máxima produção de carne magra (LEWIS, 1991; PENZ JR., 1996).

2.2 Metionina na nutrição de frangos de corte

A metionina caracteriza-se como um aminoácido sulfuroso fisiologicamente essencial para manutenção e crescimento das aves, principalmente quando estes animais estão limitados às fontes de proteína vegetal como o milho e o farelo de soja. A Figura 1 ilustra a composição estrutural da metionina.

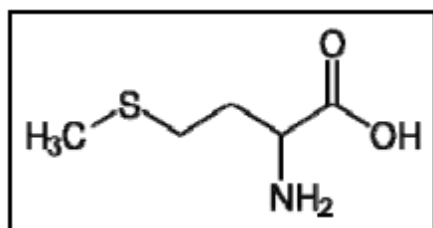


Figura 1 - Fórmula estrutural da metionina.
Fonte: adaptado de Lehninger et al. (2002).

Dentre as funções da metionina, a principal é participar da síntese protéica, além disto, é precursora de outros aminoácidos sulfurados, notadamente da cisteína que, assim como a metionina também é utilizada para a síntese de proteína corporal e na formação da pele e penas, o que explica a alta exigência desses aminoácidos pelas aves (BUNCHASAK et al., 2009).

A S-adenosilmetionina, um metabólito da metionina, é o maior doador de radicais metil no organismo animal, sendo necessária para biossíntese de creatina, carnitina, poliaminas, epinefrina, colina e melatonina, que são componentes fundamentais para o desenvolvimento das aves (LEHNINGER et al., 2002). A metionina também desempenha um papel importante para o metabolismo dos fosfolípidios, sendo que a sua deficiência é conhecida por causar prejuízos renais e hepáticos (KALINOWSKI et al., 2003).

Carew et al. (2003) relatou que uma dieta deficiente em metionina além de reduzir o ganho de peso, a eficiência alimentar e o teor de proteína na carcaça, estimula o consumo de ração, com conseqüente, acréscimo na deposição de gordura corporal.

No organismo, a metionina pode ser catabolizada e convertida em cisteína numa proporção de 50% de metionina e 50% de cisteína. Entretanto, esta conversão não é reversível, pois a cisteína não pode ser convertida em metionina e por isso torna-se necessário determinar os níveis adequados destes aminoácidos, a fim de

se atender esta interrelação (BARBOSA et al., 2000). Desta forma, é essencial que as rações para aves sejam suplementadas com metionina no intuito de atender a necessidade do animal.

2.3 Fontes de Metionina

Os primeiros trabalhos que comparam a metionina com seus hidroxí-análogos datam da década de 50, ou seja, mais de 60 anos de pesquisa e inovação tanto na produção destes aminoácidos como nas técnicas laboratoriais e mesmo assim persistem dúvidas sobre a bioeficiência entre as diferentes substâncias. Em termos práticos, os nutricionistas utilizam a DL-metionina e seus análogos nas rações de aves; contudo o que define a fonte de metionina a ser usada depende não apenas da biodisponibilidade, mas também da logística, da fábrica de ração e da disponibilidade do produto no mercado.

Comumente, são utilizadas duas fontes de metionina industrial: DL-metionina, disponível na forma de pó (DLM) ou na forma líquida como sal de sódio (DL-metionina-Na) e metionina hidroxí-análogo (MHA), que se apresenta na forma de pó, como sal de cálcio (MHA-Ca), ou na forma líquida, como ácido livre (MHA-AL) (LEITE, 2009).

A chegada da MHA-AL na indústria animal no final dos anos 70, racionalizou o uso da metionina nas fábricas de rações pela facilidade de automação de dosagem em sistemas fechados. No final dos anos 90, com a redução no uso de promotores de crescimento, o uso da MHA-AL proporcionou vantagens adicionais por suas características de ácido orgânico. Apesar de a DLM ser também um ácido, esta molécula não guarda as propriedades de dissociação de ácidos orgânicos (VIANA, 2006).

A MHA-AL, sendo um ácido mono carboxílico, tem estrutura química muito similar a outros ácidos orgânicos que têm sido usados para substituir promotores de crescimento em aves e suínos, como o ácido fórmico, o láctico e o fumárico (BARBI et al., 2004).

2.4 Moléculas de metionina e dos hidróxi-análogos

A principal diferença entre a DL-metionina e seu análogo é suplementar a ausência do radical amina (NH_2), conforme mostra a Figura 2. Quando na forma líquida, o análogo da DL-metionina apresenta-se como um ácido e na posição amina, encontra-se uma hidroxila (OH), (PENZ JR., 1994).

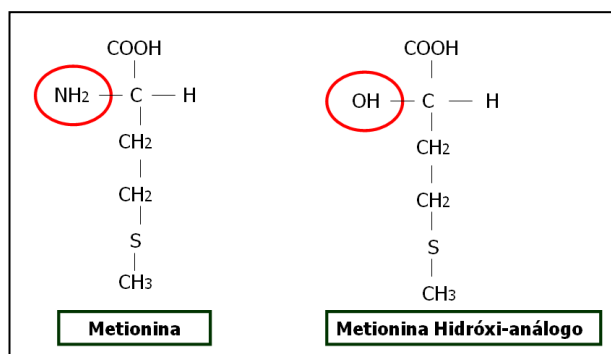


Figura 2 - Estrutura da metionina e do hidróxi-análogo de metionina

Fonte: <http://bifi.es/jsancho/estructuramacromoleculas/2aminoacidos/2aminoacidos.html>

Os aminoácidos possuem duas configurações químicas, destrógira (D) e levóriga (L), que são isômeros ópticos, os quais desviam o plano de luz para lados opostos. Dentre os esteroisômeros existem aqueles que se apresentam como imagem espaciares um do outro sem sobreposição, ou seja, moléculas que são imagens no espelho uma da outra, a estes chamamos enantiômeros. Os enantiômeros podem ser destrógiro, quando o desvio do carbono assimétrico se encontra deslocado à direita ou levógiro, quando o desvio do carbono assimétrico se encontra deslocado à esquerda, como mostra a figura a seguir (Figura 3).

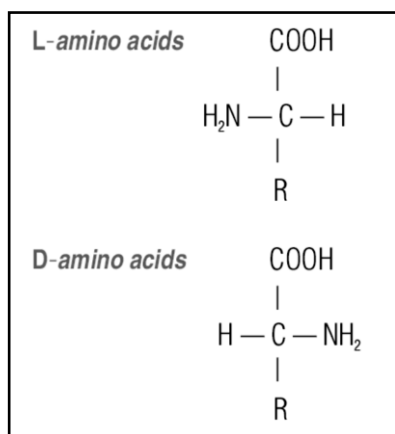


Figura 3 - D e L aminoácido

Fonte: www.universitario.com.br/celo/topico/subtopicos/citologia/bioquimica/aminoacidos.html

Os aminoácidos então podem existir como isômeros D ou L, ou a mistura dos dois. A forma D é biologicamente inativa, enquanto a forma L é mais comumente encontrada nos tecidos e na forma ativa.

Os aminoácidos que fazem parte das proteínas pertencem ao isômero L, assim, quando ocorrer absorção de aminoácido do isômero D, esses deverão ser convertidos para o isômero L. Essa reação envolve a conversão de um aminoácido para um cetoácido por ação da enzima D-aminoácido oxidase presente no fígado e nos rins, seguido por uma reação de transformação. Os D-aminoácidos são absorvidos mais rapidamente que os L-isômeros.

A metionina possui um carbono alfa assimétrico, ou seja, apresenta quatro ligantes diferentes (Figura 4), o que faz com que a luz polarizada migre para a esquerda ou para a direita, na presença de cada um dos isômeros. Esta característica é importante pois as aves só utilizam o isômero L da metionina na síntese protéica. Assim, a D-metionina deve ser transformada de tal maneira que o produto final seja uma L-metionina, sendo importante salientar que a mistura racêmica de D e L (50% D e 50% L) ocorre sempre que há síntese de metionina ou de seus análogos.

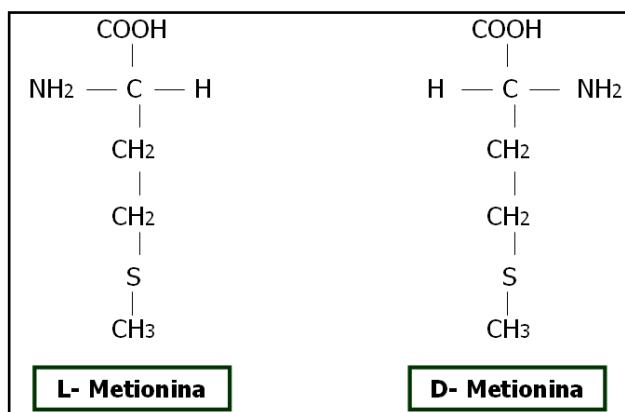


Figura 4 - Isômeros de metionina

Fonte: <http://bifi.es/jsancho/estructuramacromoleculas/2aminoacidos/2aminoacidos.html>

Os isômeros L e D da metionina sempre irão se apresentar na forma de monômeros, ou seja, a forma em que estas moléculas são absorvidas sem precisar de nenhuma outra transformação com exceção da transformação da forma D para L (LESSON e SUMMERS, 2001).

A DL-metionina é usada como padrão para comparar as fontes de metionina. Sua concentração é de 99%, enquanto na forma líquida, a concentração da DL-metionina-Na é de 40%. A concentração da MHA-AL é de 88% enquanto para a MHA-Ca é de 84%. Todas as fontes são produzidas por síntese química.

Os isômeros L e D da metionina sempre apresentam na forma de monômeros. Os isômeros da MHA-AL na forma ácida, podem estar na forma de monômeros, dímeros ou oligômeros. Os dímeros e oligômeros ligam-se por reações entre a hidroxila de uma molécula com a carboxila da outra, através de uma ligação tipo éster. No caso da MHA-AL, as ligações ésteres são reversíveis (PENZ JR., 1994).

Boebel & Baker (1982) determinaram usando cromatografia líquida por alta performance, relação de 64 a 66% de monômeros, 15 a 19% de dímeros, ausência de trímeros, 1 a 3% de oligômeros e 12% de água. Lawson & Ivey (1986) sugerem que a MHA-AL é uma mistura de aproximadamente 65% de monômeros, 20% de dímeros e 3% de trímeros.

2.5 Digestão e absorção das fontes de metionina

Os mecanismos de absorção dos isômeros de metionina são diferentes. A L-metionina e a D-metionina são absorvidos 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).

De acordo com Knight & Dibner (1984) e Brachet & Puidserver (1987), o sistema de transporte ativo tem maior afinidade por L- metionina do que por DL-metionina. A MHA-AL por outro lado, pode passar através da membrana celular por difusão passiva. O baixo pH da parte superior do trato gastrintestinal das aves, onde a MHA-AL estaria na forma não dissociada, favorece em parte a absorção por difusão da MHA-AL.

A absorção de nutrientes segundo Esteve-Garcia & Austic (1988), está também ligada ao tempo de permanência ao longo de todo o trato gastrintestinal, o que chamamos de taxa de passagem. Uma maneira de verificar a eficiência de absorção de uma molécula é por meio da quantificação do resíduo desta molécula no trato gastrintestinal após um período de tempo.

Esteve-Garcia & Austic (1988) e Esteve-Garcia & Austic (1993), compararam a absorção da MHA-AL com a DLM e concluíram que ambas as fontes de metionina industriais são completamente absorvidas em aves. Uma vez absorvida, a MHA-AL ou o isômero D da DLM, devem ser convertidos a L-metionina para serem incorporados em proteínas nos tecidos do animal ou utilizados no metabolismo intermediário (BARBI et al., 2004).

2.6 Metabolismo e excreção da metionina e de seu hidróxi-análogo

As rotas metabólicas da metionina e de seu análogo suplementar são diferentes. O fígado é o principal local de metabolismo da metionina (WANG et al., 2001). É no fígado que ocorre também a maior parte da conversão de MHA-AL e D-

metionina para a forma bioquimicamente ativa a L-metionina, conforme Figura 5 (KNIGHT e DIBNER, 1984; DIBNER et al., 1992).

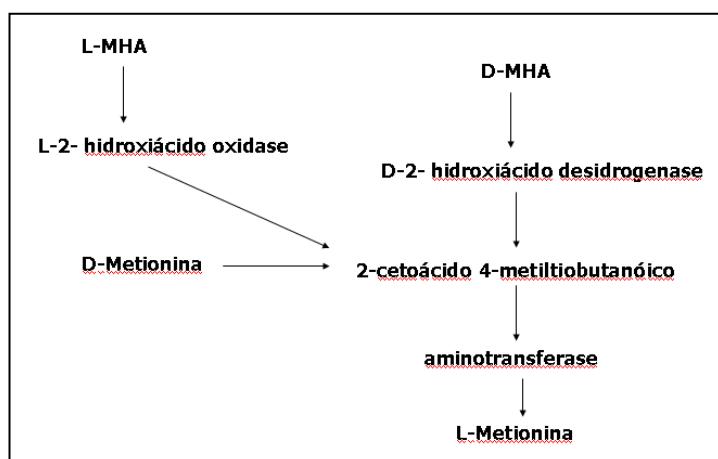


Figura 5 - Rotas de transformação de D-metionina e dos L e D dos hidróxi-análogos de metionina.
Fonte: <http://bifi.es/jsancho/estructuramacromoleculas/2aminoacidos>

Segundo Barbi et al. (2004), a conversão da L-MHA e da D-metionina em L-metionina são muito similares e envolvem enzimas oxidase localizadas nos peroxissomos. A conversão do isômero D-MHA é feita por uma enzima presente na mitocôndria das células animais. Neste sentido, D-MHA pode ser convertido a L-metionina e incorporado na proteína tecidual. Lawson & Ivey (1984) demonstraram que a incorporação dos isômeros D e L da MHA na proteína é comparada com as dos isômeros D e L da DLM.

Esta diferença de utilização dos isômeros D e L da metionina na síntese protéica foi confirmada por Vazquez-Anon et al. (2000). Ao estudar a utilização dos isômeros D e L da metionina em fígado de aves in vivo, maior quantidade de D-metionina permanecia na forma livre após a infusão deste isômero e mais L-metionina era incorporada em proteína animal. Estes resultados confirmam que a D-metionina é convertida mais vagarosamente que a L-metionina como proteína.

2.7 Bioeficiência das fontes de metionina

A bioeficiência das fontes de metionina tem causado controvérsias entre os pesquisadores. De acordo com Penz jr. (1994), existem vários fatores que dificultam o entendimento da bioeficiência da DL-metionina e MHA-AL, pois as atividades metabólicas não ocorrem de forma sistematicamente iguais e tem suas rotas alternadas por múltiplos fatores que interferem também de forma não sistemática.

Talvez este seja o assunto de maior discussão e muita crítica para a nutrição das aves, pois a metionina além de ser essencial é o primeiro limitante na dieta. Com o aparecimento das fontes suplementares da metionina, houve melhor equilíbrio nutricional da dieta e melhor desempenho. No entanto há controvérsia quanto a bioeficiência desse análogo, variando desde 65% a 100% na base do produto. O que evidencia a falta de critérios para substituição da DL-metionina pelos análogos.

No caso dos isômeros de metionina, Grau & Almquist (1943) mostraram que a DL-Met é equivalente a L-Met para o crescimento de frangos de corte. Porém, Gordon & Sizer (1955) demonstraram que a D-Met é menos eficiente no desenvolvimento de frangos de corte do que a L-Met. Christensen & Anderson (1980) mostraram que a DLM e a MHA-Ca são equivalentes quando ambos os produtos supriram somente 25% da exigência total em aminoácidos sulfurados. Segundo os autores, quando os níveis de met+cis da dieta basal se aproximam do nível exigido pela ave, a utilização dos hidróxi análogos aumenta e a possibilidade de determinar a bioeficiência diminui.

Costa e Bastiani (1997), avaliando duas fontes de metionina a dois níveis de adição no desempenho de frangos de corte no período de 1 a 49 dias de idade, observou que tanto a DL-metionina quanto MHA-AL em base equimolar, podem ser usadas como doadoras do aminoácido metionina, proporcionando um bom desempenho. Visentini et al., (2005), trabalhando com níveis de substituição da DL-metionina pela metionina hidróxi análoga em base equimolar, em dietas de frango de corte, concluiu que a DL-metionina e a MHA-AL suplementadas em base equimolar, não modificam o desempenho zootécnico de frangos no período de 1 a 44 dias de idade.

2.8 Efeito das diferentes fontes de metionina no desempenho

A primeira referência conhecida sobre o emprego de metionina hidróxi análoga foi o trabalho de Block e Jackson (1932). Neste trabalho, os ratos alimentados com uma dieta deficiente em cistina tiveram crescimento mais rápido quando foi adicionada a MHA-AL. Desde então, começou-se a pesquisar sobre fontes análogas de metionina e, com isso, muitas controvérsias surgiram em torno da eficácia desses análogos em relação à DL-metionina.

Bishop e Halloran (1997) utilizaram DL-metionina e MHA-Ca (80%) em quatro ensaios com frangos de corte de 1 a 28 dias de idade. Esses autores determinaram que a MHA-Ca foi equivalente, em relação ao desempenho, à DL-metionina, como suplemento em uma dieta convencional para aves jovens quando os níveis de ingestão de aminoácidos sulfurados foram adequados, ou seja, quando estes níveis não estavam deficientes nas dietas.

Waldroup et al. (1981) realizaram quatro experimentos com o objetivo de avaliar a eficácia da utilização da metionina hidróxi análoga - ácido livre (MHA-AL) como fonte de metionina para frangos de corte jovens. Utilizaram dietas deficientes em metionina suplementadas em quantidades equimolares com MHA-AL, L-metionina, DL-metionina e MHA-Ca. Não encontraram diferenças no ganho de peso e em conversão alimentar ao compararem a MHA-Ca e a MHA-AL, tanto em dietas práticas quanto em dietas semipurificadas. Ao compararem as quatro diferentes fontes de metionina em dietas práticas, os mesmos autores também não verificaram diferenças significativas no desempenho dos frangos.

Por outro lado, Van Weerden et al. (1983), em dois experimentos com frangos de corte de 1 a 38 dias de idade, comparando a MHA-AL (88%) com a DL-metionina, em uma dieta deficiente em aminoácidos sulfurados, observaram que a conversão alimentar foi melhor quando os frangos foram alimentados com a ração suplementada com a DL-metionina.

Garlich (1985) comparou como fontes de metionina, a metionina hidróxi análoga ácido livre - 88% (MHA-AL), a solução aquosa do sal de sódio da DL-metionina - 40% (DL-metionina-Na) e a L-metionina (LM) cristalina. O experimento foi realizado com frangos de corte de 0 a 7 semanas de idade utilizando diferentes níveis de suplementação de metionina em uma dieta convencional à base de milho e de farelo soja. O autor observou que não houve diferenças estatísticas tanto para o peso

corporal quanto para conversão alimentar, para as diferentes fontes utilizadas no mesmo nível de suplementação, mostrando que as aves foram capazes de utilizar a MHA-FA, DL-metionina-Na e LM com a mesma eficiência.

Daenner e Bessei (2003), comparando a MHA-AL (88%) em relação à DL-metionina em dois níveis de suplementação na base equimolar, para obter 0,75% e 0,81% de AAST para fase inicial e 0,70% e 0,76% para fase de crescimento em dietas convencionais para frangos de corte (Ross) de 1 a 33 dias de idade, observaram que os aumentos nos níveis das fontes de metionina proporcionaram melhora no ganho de peso e na conversão alimentar. No mesmo nível de suplementação, não foram observadas diferenças entre as fontes.

Viana et al. (2006) comparando a DL-metionina diluída (65%) com a MHA-FA em três diferentes níveis de suplementação de AAST (0,899%, 1,050% e 1,201% para fase pré-inicial; 0,798%, 0,920% e 1,043% para fase inicial e 0,726%, 0,810% e 0,895% para a fase de crescimento) para frangos de corte de 1 a 47 dias de idade. Esses autores observaram que as aves que receberam dietas contendo níveis intermediários de metionina apresentaram melhores resultados, comparadas àquelas que receberam níveis sub-ótimos. Porém, não observaram diferenças significativas para o ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e fator de produção entre as diferentes fontes e concluíram que a equivalência da MHA-AL em relação à DL-metionina foi de apenas 65%, uma vez que as aves tiveram desempenho semelhante.

Vázquez-Añón et al. (2006a) concluíram que, para o ganho de peso e conversão alimentar de frangos de corte, não há diferença entre as dietas suplementadas com MHA-AL e a DL-metionina. Também, Vázquez-Añón et al. (2006b), em quatro experimentos com frangos de corte, comparando a MHA-FA com a DL-metionina na base equimolar, em dietas convencionais, não encontraram diferenças para o ganho de peso e conversão alimentar entre as fontes.

2.9 Efeitos das diferentes fontes de metionina sobre o rendimento e composição da carcaça

Moran Jr. (1994) relatou que os aminoácidos sulfurados dietéticos estimularam o crescimento dos músculos do peito em uma maior proporção que os outros

aminoácidos. Schutte e Pack (1995) relataram que as exigências de aminoácidos sulfurados de frangos de corte para a melhor conversão alimentar e máximo rendimento de peito são maiores quando comparados ao ganho de peso.

Com o objetivo de obter a resposta das aves com diferentes fontes de metionina para desempenho e rendimento de carcaça, peito e porcentagem de gordura abdominal, Esteve-Garcia e Llauradó (1997) conduziram um experimento utilizando quatro níveis de suplementação de DL-metionina ou de MHA-AL (0,05%, 0,10%, 0,15% e 0,20%) na base equimolar, ou seja, considerando a MHA 88% da DL-metionina, em dietas deficientes em aminoácidos sulfurados (0,61% para fase inicial e 0,58% para fase final), em frangos de corte machos de 7 a 41 dias de idade. Os resultados mostraram respostas à suplementação de metionina até o nível de 0,15%. Em relação a fontes de metionina, os autores não encontraram diferenças significativas para o ganho de peso, conversão alimentar e rendimento de carcaça. Porém, para porcentagem de peito houve efeito significativo e frangos alimentados com DL-metionina tiveram uma maior porcentagem de peito do que aqueles que receberam a MHA-FA. Também houve efeito significativo para porcentagem de gordura abdominal, e frangos alimentados com DL-metionina tiveram menor teor de gordura abdominal do que aqueles alimentados com MHA-AL.

Lemme et al. (2002) realizaram um experimento para comparar os efeitos da MHA-FA (88%) com a DL-metionina e a DL-metionina diluída (65%), para frangos de corte machos da linhagem Ross de 1 a 42 dias de idade com níveis de suplementação na base equimolar de 0,06%, 0,12%, 0,18% e 0,24% em dietas basais, com 0,64%, 0,61% e 0,62% de AAST para as fases: inicial, crescimento e acabamento, respectivamente. Esses autores observaram respostas significativas da suplementação das fontes em relação à dieta basal, porém, não encontraram diferenças entre as fontes de metionina no mesmo nível de suplementação para ganho de peso, conversão alimentar e rendimentos de carcaça e peito. Isso indica que os níveis de suplementação de metionina nas rações podem estar sendo praticados em quantidades excessivas, já que não houve diferenças entre as fontes em relação à DL-metionina diluída (65%).

Meirelles et al. (2003), avaliando a DL-metionina e a MHA-AL (88%) suplementados na base equimolar como fontes de metionina em dietas para frangos de corte Ross machos de 1 a 47 dias, observaram que o ganho de peso e o

consumo de ração não foram afetados pelas fontes de metionina. Entretanto, a conversão alimentar foi melhor para as aves que receberam DL-metionina em vez da MHA-AL. Os mesmos autores não observaram diferenças significativas entre as fontes para o rendimento de carcaça, coxa e sobrecoxa, peito e gordura abdominal.

Com o objetivo de testar o efeito de níveis de substituição da DL-metionina pela MHA-AL (88%) para frangos de corte machos Ross de 1 a 44 dias, Visentini et al. (2005) substituíram, na base equimolar, a DL-metionina pela MHA-AL, nas proporções de 0%, 25%, 50%, 75% e 100%. Estes autores não encontraram diferenças significativas entre as duas fontes de metionina para ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, rendimento de carcaça e porcentagem de gordura abdominal.

Hoehleret al. (2005) realizaram cinco experimentos para comparar a MHA-FA (88%) em relação à DL-metionina e à DL-metionina diluída (65%) para frangos de corte, com diferentes níveis de suplementação para as fontes em dietas basais. De modo geral, concluíram que os frangos responderam aos níveis de suplementação de metionina em relação às dietas basais, porém, não observaram diferenças entre as fontes de metionina no mesmo nível de suplementação para ganho de peso, conversão alimentar e rendimento de peito.

Bunchasak e Keawarun (2006) compararam a MHA-AL (80%) com a DL-metionina, substituída na base equimolar, suplementando a dieta basal para obter dietas contendo 0,90% de AAST para fase inicial e 0,86% para fase de crescimento de frangos de corte. Para avaliar os efeitos das fontes de metionina sobre o desempenho, a qualidade de carcaça e a composição química do fígado, foram utilizadas aves (machos da linhagem Ross) de 1 a 42 dias de idade. Os resultados mostraram que não houve diferenças entre as fontes para o ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, rendimento de carcaça, peito, porcentagem gordura abdominal, peso dos fígados e composição química.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa utilizou o número mínimo de animais necessários para obter resultados precisos de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal, estabelecido pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal e com a legislação vigente, tendo sido aprovado pelo Comitê com o número de processo 45/2012.

3.1 Local e duração

O experimento foi realizado no setor de avicultura do departamento de zootecnia do centro de ciências agrárias da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no período de abril a maio de 2013.

3.2 Animais

Foram utilizados 2400 frangos de corte, *Cobb 500* machos, no período de 14 a 28 dias idade. O peso médio inicial das aves foi de 411g, variando entre 400 a 422 gramas.

As aves foram pesadas e distribuídas individualmente em cada unidade experimental com o objetivo de obter um peso uniforme.

No período de 1 a 13 dias as aves receberam ração pré-inicial formulada a base de milho e farelo de soja atendendo as exigências propostas por Rostagno et al. (2011), e foram manejadas segundo manual da linhagem.

3.3 Instalações, equipamento e manejo

O experimento foi conduzido em um galpão de alvenaria, com pé direito de 3,0 metros, contendo muretas laterais de 0,50m, cortinas, tela, cobertura com telhas de cerâmica francesa provida de lanternim, piso de cimento e subdividido em 96 boxes de 1,0 x 1,5m cada.

Para forrar o piso do aviário, utilizou-se a maravalha como cama para as aves com espessura de 10 cm. O manejo adotado para a cama consistiu de seu

revolvimento freqüente para mantê-la sempre com baixo teor de umidade e baixa concentração de amônia, e também da substituição das partes da cama molhada por cama nova e seca.

O fornecimento de ração farelada e de água foi “ad libitum” durante todo o período experimental. Para seu fornecimento foram utilizados comedouros tipo bandeja e bebedouros infantis na primeira semana e a partir desta, foram utilizados comedouro tipo tubular e bebedouros de nipple com suporte.

O programa de luz adotado foi o contínuo (24 horas de luz natural + artificial) durante o período experimental. As temperaturas de máximas e mínimas foram registradas diariamente, por meio de termômetros de máxima e mínima localizados num ponto estratégico à altura das aves.

As médias das temperaturas estão apresentadas na Tabela 6. As condições ambientais mostraram os índices característicos da região durante o período em que se realizou o experimento, não havendo ocorrência climática anormal que pudesse provocar alterações no desempenho das aves.

Tabela 6 - Médias de temperatura máxima, mínima e média no interior do galpão durante o período experimental.

Dias	Máxima (°C)	Mínima (°C)	Média (°C)
1	30,0	24,0	27,0
2	30,5	24,0	27,3
3	30,5	24,0	27,3
4	34,0	26,0	30,0
5	32,0	26,0	29,0
6	29,5	26,5	28,0
7	30,5	25,0	27,8
8	31,0	26,5	28,8
9	33,5	26,5	30,0
10	34,0	25,0	29,5
11	34,0	25,0	29,5
12	28,0	22,0	25,0
13	31,0	25,0	28,0
14	32,0	25,0	28,5
Média	31,5	25,0	28,3

3.4 Delineamentos e dietas experimentais

Aos 14 dias de idade os animais foram distribuídos num delineamento experimental em blocos casualizados com 6 tratamentos, (Tabela 1) e 16 repetições com 25 animais por unidade experimental.

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos experimentais.

Tratamentos	Fontes de Metionina	BE ¹ (%)	Inclusão (%)	Níveis M+C ² (%)	Relação M+C/Lis (%)	PI ³	Níveis de Lis (%)
Trat 1	MHA-AL	88	0,250	0,750	74,0%	Sim	1,010
Trat 2	DLM	65	0,162	0,692	68,5%	Não	1,010
Trat 3	DLM	65	0,162	0,692	74,0%	Sim	0,936
Trat 4	MHA-AL	65	0,250	0,692	74,0%	Sim	0,936
Trat 5	MHA-AL	65	0,340	0,750	74,0%	Sim	1,010
Trat 6	DLM	65	0,221	0,750	74,0%	Sim	1,010

¹- BE = bioeficiência.

²- M + C = metionina + cistina total

³- PI = Aplicação do conceito da proteína ideal

Para trabalhar na parte sensível do nível de lisina e, foi feita uma redução de 5% da exigência, correspondente a 1,01%, de lisina, para os tratamentos 1, 2, 5, 6 e de 0,936% para os tratamentos 3 e 4.

No tratamento 1 considerou-se a MHA-AL com uma bioeficiência (BE) de 88% e o nível de lisina de 1,01%, resultando numa suplementação de 0,250% da MHA-AL na dieta experimental e uma relação M+C/Lisina de 74%.

Para o tratamento 2 foi usada a DL-metionina diluída para uma BE de 65%, resultando em 0,162% de DLM na dieta determinando um nível de M+C de 68,5% que seria teoricamente o aminoácido limitante da dieta.

No tratamento 3 é o mesmo fonte de metionina do tratamento 2 no entanto a lisina foi ajustada com base na proteína ideal, ou seja, 0,936% de lisina digestível na dieta. O tratamento 4 é o mesmo do tratamento 3 somente substituindo a DLM pela MHA-AL com 65% de BE.

Dois tratamentos adicionais com mesmas dietas e diferenciando as fontes de metionina, foram testados com 1,01% de lisina e todos os outros aminoácidos de acordo com o conceito de proteína ideal. Sendo uma suplementação de 0,340% de MHA-AL (tratamento 5) e 0,221% de DLM (tratamento 6) ambos com uma BE de 65%.

As composições centesimais e nutricionais das dietas são mostradas na tabela 2. Todos os demais nutrientes e energia foram fornecidos de acordo com as recomendações de (Rostagno et al., 2011), exceto o aminoácido avaliado.

Tabela 2 - Composições centesimais e nutricionais das dietas experimentais.

Ingredientes (%)	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Fubá de Milho (7,88%)	66,000	66,000	69,998	69,998	66,000	66,000
Farelo de Soja (45%)	24,700	24,700	20,387	20,387	24,700	24,700
Farinha de Carne e Ossos (44%)	5,950	5,950	6,045	6,045	5,950	5,950
Farelo de Glúten de Milho (60%)	0,200	0,200	1,400	1,400	0,200	0,200
Óleo de Soja	1,500	1,500	0,489	0,489	1,500	1,500
Calcário	0,240	0,240	0,232	0,232	0,240	0,240
Sal Comum	0,366	0,366	0,364	0,364	0,366	0,366
Coxistac ⁴	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055
BHT ³	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Suplemento Vitamínico ¹	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210
Suplemento Mineral ²	0,110	0,110	0,110	0,110	0,110	0,110
Amido	0,222	0,310	0,340	0,252	0,132	0,251
DL-Metionina (99%)	0,000	0,162	0,162	0,000	0,000	0,221
MHA-AL	0,250	0,000	0,000	0,250	0,340	0,000
Lisina- HCL (78,4%)	0,155	0,155	0,178	0,178	0,155	0,155
Treonina (98%)	0,032	0,032	0,021	0,021	0,032	0,032
TOTAL	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Nutrientes - Calculados						
Energia Met., kcal/kg	3080	3080	3080	3080	3080	3080
Proteína Bruta	19,76	19,76	18,82	18,82	19,76	19,76
Lisina dig, %	1,010	1,010	0,936	0,936	1,010	1,010

Metionina dig, %	0,437	0,437	0,437	0,437	0,495	0,495
Met + Cis dig, Basal %	0,530	0,530	0,530	0,530	0,530	0,530
Met + Cis dig, %	0,750 ^a	0,692 ^b	0,692 ^a	0,692 ^a	0,750 ^a	0,750 ^a
Treonina dig, %	0,656	0,656	0,608	0,608	0,656	0,656
Arginina dig, %	1,177	1,177	1,076	1,076	1,177	1,177
Isoleucina dig, %	0,707	0,707	0,650	0,650	0,707	0,707
Leucina dig, %	1,545	1,545	1,555	1,555	1,545	1,545
Valina dig, %	0,808	0,808	0,766	0,766	0,808	0,808
Histidina dig, %	0,477	0,477	0,449	0,449	0,477	0,477
Fenilalanina dig, %	0,873	0,873	0,822	0,822	0,873	0,873
Cálcio %	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900
Fósforo disponível %	0,422	0,422	0,422	0,422	0,422	0,422
Sódio %	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205

¹Suplemento Vitamínico – Níveis por kg de ração: Vit. A - 8250 UI; Vit. D3 - 2090 UI; Vit E - 31 UI; Vit B1 - 2,20 mg; Vit B2 - 5,50 mg; Vit B6 - 3,08 mg; Vit B12 - 0,013 mg; Ácido nicotínico- 33,0 mg; Ác. Pantotênico - 11,0 mg; Vit. K3 - 1,65 mg; Ác. Fólico - 0,770 mg; Biotina - 0,077 mg; Colina Cl (60%) – 1,0 g

²Suplemento Mineral – Níveis por kg de ração: Selênio - 0,330 mg; Manganês – 77 mg; Ferro – 55 mg; Zinco - 71,5 mg; Cobre - 11 mg; Iodo - 1,10 mg.

³Butil-hidroxi-tolueno 99% - 0,1 g.

⁴Coxistac: (Salinomicina sódica 12%; 66 ppm).

^{a, b} Relações M+C/Lisina; a = 74% e b = 68,5%

3.5 Coletas de dados e características avaliadas

3.5.1 Desempenho produtivo

Para determinar o peso final, todas as aves foram pesadas aos 28 dias de idade. O ganho de peso foi calculado descontando-se o peso inicial dos pintos aos 14 dias.

O consumo de ração foi obtido pela diferença entre a ração fornecida e a sobra no final do período experimental. O consumo de ração, foi ajustado com a mortalidade por repetição no mesmo período. A conversão alimentar foi calculada com base no consumo médio de ração e o ganho médio de peso das aves ao final do experimento.

3.5.2 Características de carcaça

Foram abatidos 480 frangos, sendo cinco aves de cada repetição. As aves foram coletadas de acordo com a média da unidade. Portanto, foram abatidos 80 frangos por tratamento tendo, para as análises estatísticas, a média das cinco aves sido considerado como uma repetição.

Para a determinação do peso corporal (PC) as aves foram pesadas após passarem por um jejum de 12 horas. No abate elas foram insensibilizadas por eletronarcolese com corrente de 35mA, a frequência de 60 hertz e a voltagem variando de 28 a 60 voltz, através da imersão da cabeça em água por 7 segundos, e posteriormente abatidas por sangria para a retirada do peito, de acordo com o RIISPOA (BRASIL, 1952).

Foi realizada a determinação do peso de peito com osso (PPCO) e sem osso (PPSO), rendimento de peito sem pele com osso (RPCO) e sem osso (RPSO). O RPCO e RPSO foram calculados em relação ao peso corporal.

3.5.3 Análise do rendimento econômico

Para a análise econômica foi necessário utilizar os conceitos de margem bruta (MB) e índice de rentabilidade (IR), de acordo com Graña (2008).

A margem bruta média (MBMe) representa a diferença entre a receita bruta média (RBMe) e o custo médio de arraçamento (CMeA), e é definida por:

$$\text{MBMe} = \text{RBMe} - \text{CMeA}$$

A receita bruta média (RBMe) é obtida pelo Kg de frango produzido (Q), pelo preço de venda (PV) do frango.

$$\text{RBMe} = \text{Q} \times \text{PV}$$

O custo médio de arraçamento (CMeA) é dado pela quantidade de ração consumida pelo frango (CO) multiplicado pelo custo médio da ração (CD) no período avaliado, e é definido por:

$$\text{CMeA} = \text{CO} \times \text{CD}$$

O índice de rentabilidade (IR) indica a taxa de retorno do capital empregado, ou seja, mostra o retorno econômico para cada real (R\$) gasto com alimentação e é obtido pelo quociente entre a margem bruta média e o custo médio de arraçamento.

$$\text{IR} = \frac{\text{MBMe}}{\text{CMeA}} \times 100$$

A análise econômica não considera os custos do pintinho, da mão de obra, energia elétrica e outros gastos adicionais à produção do frango. Os preços das matérias-primas empregadas nas rações são demonstrados na tabela 3 referentes aos valores do dia 17 de maio de 2013, fornecidos pela Cooperativa dos Granjeiros do Oeste de Minas Ltda (COGRAN), localizada no município de Pará de Minas-MG. O preço de comercialização do frango foi estabelecido em R\$ 2,12/kg de peso vivo. O custo das rações experimentais é apresentado na Tabela 4.

Tabela 3 - Custo dos ingredientes, em reais, por quilograma, utilizados nas formulações das dietas experimentais.

Ingredientes (%)	R\$/kg
Fubá de Milho (7,88%)	0,44
Farelo de Soja (45%)	0,77
Farinha de Carne e Ossos (44%)	0,90
Farelo de Glúten de Milho (60%)	2,50
Óleo de Soja	4,50
Calcário	0,16
Sal Comum	0,50
Coxistac	7,10
BHT	8,80
Suplemento Vitamínico	8,20
Suplemento Mineral	2,95
Amido	2,17
DL-Metionina	8,44
MHA – AL	6,75
Lisina - HCL (78,4%)	5,03
Treonina (98%)	5,23

Tabela 4 - Custo das rações experimentais para frangos.

Tratamentos	R\$/kg
Trat 1	0,667
Trat 2	0,666
Trat 3	0,637
Trat 4	0,638
Trat 5	0,671
Trat 6	0,669
Média	0,658

3.6 Análise estatística

As análises estatísticas foram feitas por meio de análise de variância (ANOVA), com subsequente teste de média Student Newman Keuls (SNK) a 5% de probabilidade utilizando. O programa utilizado para as análises estatísticas foi o SAEG (1999).

O modelo estatístico, utilizado no cálculo das análises de variância, foi:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + t_i + \epsilon_{ij} \quad i = 6 \text{ e } j = 16$$

Sendo:

- Y_{ij} = A observação que recebeu o i – ésimo tratamento no j – ésimo bloco;
- μ = é média geral comum a todas as observações;
- β_j = é o efeito do j – ésimo bloco;
- t_i = é o efeito do i – ésimo tratamento;
- ϵ_{ij} = é o efeito do erro aleatório.

4. RESULTADOS

4.1 Características de desempenho zootécnico

As médias para consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar e peso final dos animais alimentados com dietas suplementadas com MHA ou DLM estão demonstradas na tabela 7.

Nenhuma diferença foi encontrada entre os tratamentos para o consumo de ração ($P>0,05$), entretanto no ganho de peso foi observado um decréscimo significativo ($P<0,05$) para os tratamentos de menor nível de lisina (T3 - 0,915 e T4 - 0,916 kg), aos quais não diferenciaram entre si ($P>0,05$).

A conversão alimentar foi significativamente melhor ($P<0,05$) para os tratamentos 1 e 2 em relação aos que tiveram o nível de lisina reduzido (3 e 4), porém os mesmos não diferiram ($P>0,05$) dos tratamentos de maior suplementação de metionina e mesmo nível de lisina (T5 e T6). Comportamento semelhante pode ser observado na característica peso final, em que os tratamentos de menor nível de lisina (T3 e T4) tiveram médias estatisticamente menores ($P<0,05$) que os demais.

Tabela 7 - Características de desempenho de frangos de corte com 14 a 28 dias de idade, recebendo diferentes fontes de metionina.

Tratamentos	Ganho de Peso (kg)	Consumo de Ração (kg)	Conversão Alimentar (kg/kg)	Peso Final (kg)
T1 - MHA ³ (0,250%)+Lis ⁽⁺⁾	0,950 ^a	1,480 ^a	1,558 ^a	1,362 ^a
T2 - DLM ⁴ (0,162%)+ Lis ⁽⁺⁾	0,953 ^a	1,483 ^a	1,556 ^a	1,365 ^a
T3 - DLM ⁴ (0,162%)+ Lis ⁽⁻⁾	0,915 ^b	1,493 ^a	1,635 ^b	1,325 ^b
T4 - MHA (0,250%)+ Lis ⁽⁻⁾	0,916 ^b	1,490 ^a	1,628 ^b	1,328 ^b
T5 - MHA (0,340%)+ Lis ⁽⁺⁾	0,966 ^a	1,496 ^a	1,549 ^a	1,377 ^a
T6 - DLM ⁴ (0,221%)+ Lis ⁽⁺⁾	0,965 ^a	1,490 ^a	1,545 ^a	1,372 ^a
CV (%)	2,40	2,08	2,04	1,77

Lis⁽⁺⁾: nível de lisina de 1,010%; Lis⁽⁻⁾: nível de lisina de 0,936%; MHA³: considerada com bioeficiência de 88%; DLM⁴: adicionada na relação de 65% da MHA nos tratamentos 2 vs 1, 3 vs 4 e 6 vs 5

* Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste SNK ($P<0,05$).

CV: coeficiente de variância.

4.2 Características de qualidade de carcaça

As médias para peso corporal, peso de peito com osso, peso do peito sem osso, rendimento do peito com osso e sem osso, dos animais alimentados com dietas suplementadas com MHA ou DLM estão demonstradas na tabela 8.

As médias do peso corporal de T3 e T4 foram significativamente menores ($P < 0,05$) que a dos outros tratamentos, aos quais não diferenciaram entre si. O peso do peito com osso das aves referentes aos tratamentos com maiores suplementações de metionina foram melhores ($P < 0,05$) que as dos tratamentos com menores níveis de lisina (3 e 4), no entanto em T1 e T2 foram verificadas que as médias não diferiram estatisticamente dos demais tratamentos.

Os pesos do peito sem osso dos tratamentos de maior nível de lisina (258, 259, 263 e 261g) foram melhores ($P < 0,05$) quando comparados a T3 e T4 (246 e 247g). Para a característica rendimento do peito com osso, não foi observada diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos. A média do rendimento do peito sem osso foi melhor ($P < 0,05$) nos animais recebendo dietas com maior suplementação de metionina (T5 e T6) quando comparados com os de menores níveis de lisina (T3 e T4), contudo nos tratamentos 1 e 2 não verificou-se diferença estatística quando comparado com os demais.

Tabela 8 – Características de qualidade de carcaça de frangos de corte com 14 a 28 dias de idade, recebendo diferentes fontes de metionina.

Tratamentos	PC ¹ (kg)	PPCO ² (kg)	PPSO ³ (kg)	RPCO ⁴ (%)	RPSO ⁵ (%)
T1 - MHA ³ (0,250%)+Lis ⁽⁺⁾	1,332 ^a	0,314 ^{ab}	0,258 ^a	23,571 ^a	19,351 ^{ab}
T2 - DLM ⁴ (0,162%)+ Lis ⁽⁺⁾	1,334 ^a	0,315 ^{ab}	0,259 ^a	23,601 ^a	19,409 ^{ab}
T3 - DLM ⁴ (0,162%)+ Lis ⁽⁻⁾	1,291 ^b	0,305 ^b	0,246 ^b	23,719 ^a	19,081 ^b
T4 - MHA (0,250%)+ Lis ⁽⁻⁾	1,292 ^b	0,306 ^b	0,247 ^b	23,730 ^a	19,114 ^b
T5 - MHA (0,340%)+ Lis ⁽⁺⁾	1,329 ^a	0,319 ^a	0,263 ^a	23,983 ^a	19,766 ^a
T6 - DLM ⁴ (0,221%)+ Lis ⁽⁺⁾	1,327 ^a	0,319 ^a	0,261 ^a	24,018 ^a	19,685 ^a
CV (%)	2,07	3,24	3,75	2,55	3,06

PC¹ : Peso corporal; PPCO² : Peso de peito com osso; PPSO³ : Peso de peito e sem osso;RPCO⁴ :Rendimento de peitosempelecom osso; RPSO⁵ : Rendimento de peito sem osso; Lis⁽⁺⁾: nível de lisina de 1,010%; Lis⁽⁻⁾: nível de lisina de 0,936%; MHA³: considerada com bioeficiência de 88%; DLM⁴: adicionada na relação de 65% da MHA nos tratamentos 2 vs 1, 3 vs 4 e 6 vs 5

* Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem entra si pelo teste SNK ($P < 0,05$).

CV: coeficiente de variância.

4.3 Análise econômica

As médias para receita bruta média, custo médio de arraçamento, margem bruta média e índice de rentabilidade para os animais alimentados com dietas suplementadas com MHA ou DLM apresentam-se na tabela 9.

A receita bruta média dos tratamentos de maior nível de lisina (T1, T2, T5 e T6) não diferiram entre si ($P>0,05$), no entanto foram melhores quando comparados aos de menor nível de lisina (T3 e T4). Um comportamento inverso foi observado no custo médio de arraçamento em que, os valores encontrados para os animais alimentados com uma menor suplementação de metionina e maior nível de lisina (T1 e T2), tiveram um custo significativamente menor ($P<0,05$) que os demais tratamentos.

Na avaliação do parâmetro margem bruta média nos tratamentos de maior suplementação de metionina (T5 e T6) foram encontrados melhores resultados ($P<0,05$) quando comparados com tratamentos de menor nível de lisina (T3 e T4) enquanto em T1 e T2 não houve diferença em relação nenhum dos outros tratamentos. Estatisticamente não foi encontrada diferença entre os tratamentos ($P>0,05$) para o índice de rentabilidade.

Tabela 9 - Análise econômica de frangos de corte com 14 a 28 dias de idade, recebendo diferentes fontes de metionina.

Tratamentos	RBM _e ¹ (R\$)	CM _e A ² (R\$)	MBM _e ³ (R\$)	IR ⁴ (%)
T1 - MHA ³ (0,250%)+Lis ⁽⁺⁾	2,014 ^a	1,262 ^b	0,752 ^{ab}	59,673 ^a
T2 - DLM ⁴ (0,162%)+ Lis ⁽⁺⁾	2,020 ^a	1,263 ^b	0,758 ^{ab}	59,989 ^a
T3 - DLM ⁴ (0,162%)+ Lis ⁽⁻⁾	1,939 ^b	1,216 ^a	0,723 ^b	59,456 ^a
T4 - MHA (0,250%)+ Lis ⁽⁻⁾	1,942 ^b	1,216 ^a	0,726 ^b	59,705 ^a
T5 - MHA (0,340%)+ Lis ⁽⁺⁾	2,048 ^a	1,282 ^b	0,766 ^a	59,766 ^a
T6 - DLM ⁴ (0,221%)+ Lis ⁽⁺⁾	2,046 ^a	1,274 ^b	0,771 ^a	60,533 ^a
CV (%)	2,42	2,07	5,12	5,34

¹RBM_e : Receita bruta média; ²CM_eA: Custo médio de arraçamento; ³MBM_e :Margem bruta média; ⁴ IR: Índice de rentabilidade; Lis⁽⁺⁾: nível de lisina de 1,010%; Lis⁽⁻⁾: nível de lisina de 0,936%; MHA³: considerada com bioeficiência de 88%; DLM⁴: adicionada na relação de 65% da MHA nos tratamentos 2 vs 1, 3 vs 4 e 6 vs 5

* Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste SNK ($P<0,05$).
CV: coeficiente de variância.

5. DISCUSSÃO

Para todas as características avaliadas, o tratamento 1 (MHA), assumindo-se 88% de bioeficiência (em 100% de equimolaridade), não apresentou diferença em relação ao tratamento 2 (DML) com 65% de Bioequivalência (BE), porém um comportamento diferente foi observado ao se comparar os tratamentos 3 com 4 e 5 com 6, que contem a mesma BE (65%) e mesma relação de Lis:M + C diferenciando apenas na fonte de metionina.

Payne et al. (2006), obtiveram resultados semelhantes ao avaliar a MHA e a DLM em três experimentos diferentes e em locais diferentes (Japão, Polônia e Brasil). Cada experimento consistia em percentagens diferentes de suplementação da MHA (100%) e da DLM (65%), onde foram realizadas regressões para determinar a BE da MHA. Eles concluíram que em base equimolar a MHA possui 64% de BE e que provavelmente a baixa BE da MHA seja devida a menor utilização de suas formas poliméricas ou menor eficiência de conversão antes da sua absorção e ainda a possível interferência da flora intestinal.

Entretanto Martin-Venegas et al. (2006), conduziram um experimento in vitro e in vivo com frangos de corte na fase de crescimento alimentados por dietas suplementadas com MHA e MHA-PCM (Produto Contendo principalmente Monômeros de MHA) e concluíram que não houve diferença entre as duas formas de MHA, onde as formas poliméricas são reduzidas pela passagem intestinal, não sendo este o fator limitante da absorção da MHA, podendo ser devida a capacidade hidrolítica da mucosa intestinal.

Richards et al. (2005), compararam a absorção in vitro e in vivo da MHA e da DLM em frango de corte na fase de crescimento, e observaram que a absorção da MHA foi igual ou até melhor que a absorção da DLM e que a absorção da MHA ocorre ao longo de todo o trato gastrointestinal.

Foi possível observar também que, mesmo a metionina sendo o primeiro aminoácido limitante nos tratamentos 3 e 4, a maioria das médias das características de desempenho foram menores que as apresentadas pelos tratamentos 1 e 2, aos quais tem a mesma inclusão de metionina, porém com maior quantidade de lisina e demais aminoácidos. É possível então que o nível de lisina tenha sido muito baixo

em T3 e T4, tornando-a limitante para o desenvolvimento e portanto, reduzindo o desempenho dos animais quando comparados com os tratamentos 1 e 2.

O inverso ocorreu na comparação dos tratamentos 5 e 6 em relação a T1 e T2, que possuem as mesmas relações de lisina e os demais aminoácidos com exceção da metionina, fazendo com que mesmo numericamente distantes não diferenciaram estatisticamente entre si.

Nas características de qualidade de carcaça PC e PPSO as médias dos tratamentos 3 e 4 também foram menores que as dos demais tratamentos. No entanto em outras características como PPCO e RPSO, os tratamentos 1 e 2 foram estatisticamente iguais aos demais, possivelmente devido a uma menor deposição proteica muscular em relação a T5 e T6.

Apesar dos tratamentos 1 e 2 terem médias de PC numericamente maiores ($P > 0,05$) que os de mesmo nível de lisina e maior suplementação de metionina, (T5 e T6), na característica PPCO as médias foram menores. Isto pode ter ocorrido devido ao fato dos dois primeiros tratamentos não estarem em uma relação de proteína ideal correta, e assim haja um desequilíbrio na deposição proteica. O que é confirmado ao observar as médias na característica RPCO, onde ocorre uma compensação das médias dos tratamentos 1 e 2 em relação a T5 e T6, fazendo com que não houvesse uma diferença significativa ($P > 0,05$) entre elas. O mesmo ocorre na característica RPSO ao compararmos PC e PPSO.

Além disso, apesar de menores pesos, corporal e de peito com osso, nos tratamentos de menor nível de lisina (T3 e T4) em relação aos demais, elas apresentaram um RPCO estatisticamente igual ($P > 0,05$), o que era de ser esperado devido a melhor relação de lisina e demais aminoácidos.

Na avaliação das características econômicas foi possível perceber que, quando comparados os tratamentos T1 vs T2 e T5 vs T6, os que foram suplementados com DLM tiveram melhores resultados que aos que foram suplementados com MHA. Entretanto o nível de lisina, influenciou na diferença entre T3 e T4 com os demais tratamentos em RBMe e CMeA. Apesar do consumo de ração ter sido relativamente igual para todos os tratamentos o custo da ração de T3 e T4 foi menor e consequentemente um menor custo de arraçamento.

As médias da MBMe de T1 e T2 foram estatisticamente iguais aos demais tratamentos, entretanto a uma diferença de R\$ 0,02 a mais por ave vendida, levando

em consideração que essa margem bruta é referente apenas ao período experimental de 15 dias. O retorno econômico alcançado pelos tratamentos foi de aproximadamente R\$ 0,60 para cada real investido em alimentação.

6. CONCLUSÃO

De acordo com as condições experimentais adotadas nesse estudo, conclui-se que não há diferença entre as fontes de metionina MHA e DLM, quando levada em consideração uma bioeficiência de 65% e mesma relação Lis:M+C, nas características de desempenho e qualidade de carcaça em frangos de corte de 14 a 28 dias de idade.

REFERÊNCIAS

- BARBI, J. H. T.; DIBNER, J.; PEAK, S. Mais que uma fonte de metionina. **Revista Aveworld**, Ago/Set, 2004.
- BARBOSA, R. J.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S. et al. Exigência de metionina +cistina para frangos de corte na fase de crescimento e acabamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.2, p.507-517, 2000.
- BISHOP, R. B.; HALLORAN, H. R. The effect of methionine or methionine hydroxyl analogue supplementation on chick response to total sulfur amino acid intake. **Poultry Science**; 56: 383-385,1997.
- BLOCK, R. J.; JACKSON, R. W. The metabolism of cystine and methionine. **Journal of Biological Chemistry**, v. 97, cvi-cvii. (abstr.), 1932.
- BOEBEL, K. P.; BAKER, D. H. Efficacy of the calcium salt and free acid forms of methionine hydroxy analogue for chicks. **Poultry Science**, v. 61; p. 1167-1175, 1982.
- BRACHET, P.; PUIGSERVER, A. Transport of methionine hydroxy analogue across the brush border membrane of rate jejunum. **Journal Nutrition**, v. 117; p. 1241-1246, 1987.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária dos Produtos de Origem Animal (RIISPOA). 1952. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 30 fev. 2013.
- BUNCHASAK, C. Role of dietary methionine in poultry production. **Japan Poultry Science**,v. 46, p.169-179, 2009.
- BUNCHASAK, C.; KEAWARUN, N. Effect of methionine hydroxy analog-free acid on growth performance and chemical composition of liver of broiler chicks fed a corn-soybean based diet from 0 to 6 weeks of age. **Animal Science Journal**, 77: 95-102, 2006.

- CAREW, L. B.; MCMURTRY, J. P.; ALSTER, F. A. Effects of methionine deficiencies on plasma levels of thyroid hormones, insulin-like growth factors -I and -II, liver and bodyweights, and feed intake in growing chickens. **Poultry Science**, v.82,p.1932-1938, 2003.
- CHRISTENSEN, A. C.; ANDERSON, J. O. Factors affecting efficacy of methionine hydroxy analogue for chicks fed practical diets. **Poultry Science**, v. 59; 2485-2491, 1980.
- COSTA, P. T. C.; BASTIANE, M. F. Avaliação de duas fontes de metionina a dois níveis de adição no desempenho de frangos de corte (1-49 dias). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.27, n.3, p.485-489, 1997.
- DAENNER, E.; BESSEI, W. Influence of supplementation with liquid DL- methionine hydroxy analogue-free acid (Alimet) or DLmethionine on performance of broilers.**J. Appl. Poult. Res.** 12:101–105, 2003.
- DIBNER, J. J.; ATWELL, C. A.; IVEY, F. J. Effect of heat stress on 2-hydroxy-4-(methylthio) butanoic acid and DL-methionine absorption measured *in vitro*. **Poultry Science**, v. 71; p. 1900-1910, 1992.
- D'MELLO, J. P. F. **Amino acids imbalance, antagonisms and toxicities**. In: D'MELLO, J. P. F. Amino acids in farm animal nutrition. Wallingford: CAB International, 1994. p. 63-97.
- DREW, M. D., MAENZ, D. D. The effect of intestinal bacteria on the absorption of methionine and 2-hydroxy-4-methylthio-butanoic acid in germ-free and conventional broiler chickens. In: **22nd Annual Meeting of the Southern Poultry Science Society**, Georgia, Atlanta, USA. P. 15-16. 2001 (Abstract).
- ESTEVE-GARCIA, E.; AUSTIC, R. E. Digestibility of methionine hydroxyl analogue (MHA) in broiler chicks. **Poultry Science**, v. 67 (suppl.1); p.14. (Abstr.), 1988.
- ESTEVE-GARCIA, E.; AUSTIC, R. E. Intestinal absorption and renal excretion of dietary methionine sources by the growing chicken. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 4; p. 576-587, 1993.

- ESTEVE-GARCIA, E.; LLAURADO, L. L. Performance, breast meat yield and abdominal fat deposition of male broiler chickens fed diets supplemented with DL-methionine or DLmethionine hydroxy analogue free acid. **British Poultry Science** 38, 397– 404, 1997.
- GARLICH, J. D. Response of broilers to DLmethionine hydroxy analog free acid, DLmethionine and L-methionine. **Poultry Science**;64:1541-1548, 1985.
- GORDON, R. S.; SIZER, I. W. The biological equivalence of methionine hydroxyl analogue. **Poultry Science**, v. 34; p. 1198, 1955.
- GRAÑA, A. L. **Estudo de estratégias nutricionais para frangos de corte**. 2008. 154 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG – Brasil, 2008.
- GRAU, C. R.; ALMQUIST, H. J. **Journal Nutrition**; v. 26; p. 631, 1943.
- HASSEBERG, H.A. No hay una monomerización importante en metionina hidroxí análoga. **Amino News TM.**, v. 3., n°1, Março-2002.
- HOEHLER, D.; LEMME, A.; JENSEN, S. K.; VIEIRA, S. L. Relative effectiveness of methionine sources in diets for broiler chickens. **J. Appl. Poult. Res.** 14: 679-693, 2005.
- KALINOWSKI, A.; MORAN JR., E. T.; WYATT, C. Methionine and cystine requirements of slow and fast feathering male broilers from three to six weeks of age. **Poultry Science**,v.82, p.1428-1437, 2003.
- KNIGHT, C. D., DIBNER, J. J. Comparative absorption of 2-hydroxy-4-(methylthio) butanoic acid and L-methionine in broiler chick. **Journal Nutrition**, v. 114; p. 2179-2186, 1984.
- LAWSON, C. Q.; IVEY, F. J. An update on recent research on the bioutilization of different sources of synthetic methionine activity. **Monsanto Technical Symposium: Guelph Nutrition Conference Proceedings**: p. 57-82, 1984
- LAWSON, C.Q; IVEY, F.J. Hydrolysis of 2-hydroxy-4 (methylthio) butanoic acid dimer in two model systems. **Poultry Science**, v. 65; p. 1749-1753, 1986.

- LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Nutrition of the chicken**. 4th ed. Guelph: University Books, 2001. 591p.
- LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios da bioquímica**. 3.ed. São Paulo: Sarvier, 2002, 975p.
- LEITE, R. S.; ROCHA, J. S. R.; MICHEL1, B. C.; LARA, L. J. C.; ORNELAS, E. A. Efeitos de planos nutricionais e de fontes de metionina sobre o desempenho, rendimento e composição de carcaças de frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n.5, p.1120-1127, 2009.
- LEMME, A. A pesquisa da literatura confirma: A efetividade biológica da MHA-FA é de 65%. *Feedback - Feed Additives*, v. 23; p. 1-7, 2002.
- LEWIS, A. J. **Amino acids in swine nutrition**. In: MILLER, E. R.; ULLREY, D. E.; LEWIS, A. J. (Ed.). *Swine nutrition*. Butterworth-heinemann, 1991. p. 147-164.
- MARTIN-VENEGAS, R.; SORIANO-GARCÍA, J. F.; VINARDELL, M. P.; GERAERT, P. A.; FERRER, R. Oligomers Are Not the Limiting Factor in the Absorption of DL-2-Hydroxy-4-(methylthio) butanoic Acid in the Chicken Small Intestine. **Poultry Science** 85:56–63. 2006
- MEIRELLES, H. T.; ALBUQUERQUE, R; BORGATTI, L.M.O et al. Performance of broilers fed with different levels of methionine hydroxy analogue and DLmethionine. *Brazilian Journal of Poultry Science*, Jan./Apr. 2003, v. 5; p. 69- 74.
- MORAN JR., E. T. Response of broiler strains differing in body fat to inadequate methionine:live performance and processing yields. *Poultry Science* 73, 1116–1126, 1994.
- PARSONS, C. M.; BAKER, D. H. **The concept and use of ideal proteins in the feeding of nonruminants**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE NÃO RUMINANTES. REUNIÃO ANUAL DA SBZ. Maringá, PR. Anais... Maringá: SBZ, 1994. p. 119-128.
- PAYNE, R. L.; LEMME, A.; SEKO, H.; HASHIMOTO, Y.; FUJISAKI, H.; KORELESKI, J.; SWIATKIEWICZ, S.; SZCZUREK, W.; ROSTAGNO, H.

- Bioavailability of methionine hydroxy analog free acid relative to DL-methionine in broilers. *Animal Science Journal*, 77: 427-439, 2006.
- PENZ Jr., A. M. Metionina e hidróxi análogos (MHA) em nutrição de aves. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 1994, Campinas, **Anais...** Campinas: FACTA, 1994, p. 85-94.
- PENZ Jr.; A. M. O conceito de proteína ideal para monogástricos. In: CONGRESSO INTERNACIONAL, 1.; CONGRESSO NACIONAL, 6.; CONGRESSO ESTADUAL DE ZOOTECNIA, 14., 1996, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 1996.
- RICHARDS, J.D.; ATWELL, C.A.; VÁZQUEZAÑÓN, M.; DIBNER, J.J. Comparative in vitro and in vivo absorption of 2-hydroxy-4(methylthio)butanoic acid and methionine in the broiler chicken. *Poult. Sci.* 84: 1397-1405, 2005.
- RODRIGUES, P. B.; BETERCHINI, A. G.; OLIVEIRA, B. L. et al. Fatores nutricionais que influenciam a qualidade do ovo no segundo ciclo de produção. Níveis de aminoácidos sulfurosos totais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 25; p. 248-260, 1996.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, L. S. T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3 ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252p.
- SCHUTTE, J. B.; PACK, M. Sulfur amino acid requirement of broiler chick from fourteen to thirty eight days of age. 1. **Performance and carcass yield. Poultry Science** 74, 480–487, 1995a.
- SCHUTTE, J. B.; PACK, M. Sulfur amino acid requirement of broiler chick from fourteen to thirty eight days of age. 1. **Performance and carcass yield. Poultry Science** 74, 480–487, 1995b.
- SAEG - Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas. Versão 8.0. Viçosa, MG: Fundação Arthur Bernardes, 1999.

- VAN WEERDEN, E. J.; SCHUTTLE, J. B.; BERTRAM, H. L. DL-methionine and DLmethionine hydroxy analogue free acid in broiler diets. **Poultry Science** 62:1269-1274,1983.
- VAZQUEZ-ANON, et al. Metabolism of D and L methionine in young chickens. **XXI World's Poultry Congress**, Montreal, Canada, 2000.
- VÁZQUEZ-AÑÓN, M.; GONZÁLEZ-ESQUERRA,R.; SALEH, E.; HAMPTON, T.;RITCHER, S.; FIRMAN, J.; KNIGHT, C. D. Evidence for 2-hydroxy-4(methylthio) butanoic acid and DL-methionine having different dose responses in growing broiler. **Poultry Science**. 85:1409-1420, 2006a.
- VÁZQUEZ-AÑÓN, M.; KRATZER, D.; GONZÁLEZ-ESQUERRA, R.; YI, I. G.; KNIGHT, C. D. A multiple regression model approach to contrast the performance of 2-hydroxy-4-methylthio butanoic acid and DLMethionine supplementation tested in broiler trials that are reported in the literature. **Poultry Science**. 85:693–705, 2006b.
- VIANA, M. T. S. **Fontes e níveis de metionina em dietas para frangos de corte**. 2006. 66 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG – Brasil, 2006a.
- VIANA, M. T. S. **Fontes e níveis de metionina em dietas para frangos de corte**. 2006. 66 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG – Brasil, 2006b.
- VISENTINI et al. Levels of substitution of DI-methionine by methionine hydroxyl analogue in basis equimolar in broilers diets. **Revista Ciência Rural**, v. 35(6); p. 1400 -1405, 2005.
- WALDROUP, P. W.; MABRAY, C. J.; BLACKMAN, J. R.; SLAGTER, P. J.; SHORT, R.J.; JOHNSON, Z. B. Effectiveness of the free acid of methionine hydroxyl analogue as a methionine supplement in broiler diets. **Poultry Science**, 60:438-443, 1981a.

WALDROUP, P. W.; MABRAY, C. J.; BLACKMAN, J. R.; SLAGTER, P. J.; SHORT, R.J.; JOHNSON, Z. B. Effectiveness of the free acid of methionine hydroxyl analogue as a methionine supplement in broiler diets. **Poultry Science**, 60:438-443, 1981b.

WANG, S.; BOTTJE, W. G.; SONG, Z.; BEERS, K., VAZQUES-ANON, M.; DIBNER, J. J. Uptake Of DL-2-hydroxy-4-methylthio-butanoic acid (DL-HMB) in the broiler liver in vivo. **Poultry Science**, v.80, p.1619-1624, 2001.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Resumo da análise de variância para ganho de peso

FV	GL	SQ	QM	FcPr>Fc
Tratamento	5	0,042936	0,008587	16,710 0,0001
Bloco	15	0,042565	0,002838	5,522 0,0001
Erro	75	0,038543	0,000514	
Total corrigido	95	0,124044		
CV (%) =	2,40			
Média geral:	0,9441250	Número de observações:	96	

APÊNDICE B – Resumo da análise de variância para consumo de ração

FV	GL	SQ	QM	FcPr>Fc
Tratamento	5	0,002933	0,000587	0,611 0,6914
Bloco	15	0,044949	0,002997	3,124 0,0006
Erro	75	0,071952	0,000959	
Total corrigido	95	0,119834		
CV (%) =	2,08			
Média geral:	1,4887229	Número de observações:	96	

APÊNDICE C – Resumo da análise de variância para conversão alimentar

FV	GL	SQ	QM	FcPr>Fc
Tratamento	5	0,136156	0,027231	26,283 0,0001
Bloco	15	0,045495	0,003033	2,927 0,0011
Erro	75	0,077705	0,001036	
Total corrigido	95	0,259356		
CV (%) =	2,04			
Média geral:	1,5784583	Número de observações:	96	

APÊNDICE D – Resumo da análise de variância para peso final

FV	GL	SQ	QM	FcPr>Fc
Tratamento	5	0,040748	0,008150	14,120 0,0001
Bloco 15		0,052362	0,003491	6,048 0,0001
Erro	75	0,043288	0,000577	
Total corrigido	95	0,136398		
CV (%) =	1,77			
Média geral:	1,3549500	Número de observações:	96	

APÊNDICE E – Resumo da análise de variância para peso corporal

FV	GL	SQ	QM	FcPr>Fc
Tratamento	5	0,033357	0,006671	8,936 0,0001
Bloco 15		0,047125	0,003142	4,208 0,0001
Erro	75	0,055992	0,000747	
Total corrigido	95	0,136474		
CV (%) =	2,07			
Média geral:	1,3172500	Número de observações:	96	

APÊNDICE F – Resumo da análise de variância para peito com osso

FV	GL	SQ	QM	FcPr>Fc
Tratamento	5	0,002512	0,000502	4,878 0,0006
Bloco	15	0,004472	0,000298	2,894 0,0012
Erro	75	0,007726	0,000103	
Total corrigido	95	0,014710		
CV (%) =	3,24			
Média geral:	0,3131146	Número de observações:	96	

APÊNDICE G – Resumo da análise de variância para filé de peito

FV	GL	SQ	QM	FcPr>Fc
Tratamento	5	0,004153	0,000831	9,016 0,0001
Bloco	15	0,003238	0,000216	2,343 0,0083
Erro	75	0,006910	0,000092	
Total corrigido	95	0,014301		
CV (%) =	3,75			
Média geral:	0,2556667	Número de observações:	96	

APÊNDICE H – Resumo da análise de variância para rendimento de peito

FV	GL	SQ	QM	FcPr>Fc
Tratamento	5	2,867286	0,573457	1,558 0,1823
Bloco	15	5,500615	0,366708	0,996 0,4680
Erro	75	27,602042	0,368027	
Total corrigido	95	35,969943		
CV (%) =	2,55			
Média geral:	23,7704167	Número de observações:	96	

APÊNDICE I – Resumo da análise de variância para rendimento filé

FV	GL	SQ	QM	FcPr>Fc
Tratamento	5	6,413403	1,282681	3,630 0,0054
Bloco	15	3,060611	0,204041	0,5770,8833
Erro	75	26,501157	0,353349	
Total corrigido	95	35,975170		
CV (%) =	3,06			
Média geral:	19,4009063	Número de observações:	96	

APÊNDICE J – Resumo da análise de variância para rendimento filé

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	5	6,413403	1,282681	3,630	0,0054
Bloco	15	3,060611	0,204041	0,5770	0,8833
Erro	75	26,501157	0,353349		
Total corrigido	95	35,975170			
CV (%) =	3,06				
Média geral:	19,4009063		Número de observações:	96	

APÊNDICE K – Resumo da análise de variância para receita bruta média

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	5	0,198518	0,039704	16,926	0,0000
BLOC	15	0,192674	0,012845	5,476	0,0000
erro	75	0,175932	0,002346		
Total corrigido	95	0,567124			
CV (%) =	2,42				
Média geral:	2,0019792		Número de observações:	96	

APÊNDICE L – Resumo da análise de variância para Custo médio de arraçamento

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	5	0,068675	0,013735	20,415	0,0000
BLOC	15	0,031129	0,002075	3,085	0,0006
erro	75	0,050458	0,000673		
Total corrigido	95	0,150263			
CV (%) =	2,07				
Média geral:	1,2518750		Número de observações:	96	

APÊNDICE M – Resumo da análise de variância para margem bruta média

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	5	0,033230	0,006646	4,513	0,0012
BLOC	15	0,093966	0,006264	4,254	0,0000
erro	75	0,110453	0,001473		
Total corrigido	95	0,237649			
CV (%) =	5,12				
Média geral:	0,7492708		Número de observações:	96	

APÊNDICE N – Resumo da análise de variância para índice de rentabilidade

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	5	11,212080	2,242416	0,220	0,9530
BLOC	15	439,376324	29,291755	2,869	0,0014
erro	75	765,790870	10,210545		
Total corrigido	95	1216,379274			
CV (%) =	5,34				
Média geral:	59,8538542		Número de observações:	96	